

**UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS
VERSCHIEDENER SCHLAMMBELEBUNGSANLAGEN
AUF DIE ENTWICKLUNGSFÄHIGKEIT
DÜNNNSCHALIGER NEMATODENEIER**

Dieter E.J. Soller

1976

Aus dem Institut für Vergleichende Tropenmedizin
und Parasitologie des Fachbereichs Tiermedizin
der Universität München

Vorstand: Prof. Dr. J. Boch

Arbeit unter Anleitung von Prof. Dr. M.J. Forstner

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VERSCHIEDENER
SCHLAMMBELEGUNGSANLAGEN AUF DIE ENTWICKLUNGSFÄHIGKEIT
DÜNNESCHALIGER NEMATODENEIER

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der veterinär-medizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

DIETER E.J. SOLLER

aus

NÜRNBERG

München 1976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Tiermedizin der Universität München



Dekan: Prof. Dr. B. Vollmerhaus

Referent: Prof. Dr. M.J. Forstner

Korreferent: Prof. Dr. J. Kalich

Tag der Promotion: 27. Februar 1976

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. EINLEITUNG	7
2. LITERATUR	9
2.1. Verbreitung von Wurmeiern	9
2.2. Einflüsse auf die Entwicklung von Wurmeiern	11
2.3. Verhalten von Wurmeiern in Kläranlagen	18
3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN	23
3.1. Beschreibung der Anlagen	23
3.2. Material und Methodik	24
3.2.1. Vorversuchsreihe	24
3.2.1.1. Materialbeschaffung	24
3.2.1.2. Durchführung der Methode	27
3.2.1.3. Beurteilung der Proben	29
3.2.2. Hauptversuchsreihe	30
3.2.2.1. Materialbeschaffung	30
3.2.2.2. Durchführung der modifizierten Methode	32
3.2.2.3. Beurteilung der Proben	36
3.3. Ergebnisse	37
3.3.1. Vorversuchsreihe	37
Belebungsanlage mit Rohrbelüftung	37
Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren	38
Oxidationsgraben	42
Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes	50
3.3.2. Folgerungen für die Modifizierung der Methode	54
3.3.3. Hauptversuchsreihe	57
Belebungsanlage mit Rohrbelüftung	57
Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren	60
Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes	62
Oxidationsgraben	66

	Seite
Faulraum im Emscherbrunnen	71
4. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	75
5. ZUSAMMENFASSUNG	83
SUMMARY	85
6. LITERATURVERZEICHNIS	88
LEBENS LAUF	97

1. EINLEITUNG

Die Abwasserreinigung hat die Aufgabe, Schmutz- und Schadstoffe aus den Abwässern zu entfernen. Sie ist die notwendige Voraussetzung für die Aufrechterhaltung des biologischen Gleichgewichts innerhalb der natürlichen Wasserreservoirs. Im Bau von Kläranlagen der unterschiedlichsten Systeme spiegelt sich das Bemühen des Menschen, seine Umwelt zu entlasten. Die Vorgänge der natürlichen Selbstreinigung der Gewässer werden in kürzerer Zeit auf kleinerem Raum bei größtmöglicher Reinigungswirkung nachgeahmt.

Viele Krankheitserreger, darunter Parasiten oder deren Vermehrungsstadien, werden mit dem Abwasser verbreitet. Der wirtschaftliche Schaden allein geht in die Millionen, abgesehen von der Gefahr der Gesundheitsgefährdung von Mensch und Tier. Neue Probleme werden aufgeworfen durch neuartige landwirtschaftliche Betriebsformen und technische Arbeitshilfen. Massentierhaltungen belasten die Umwelt durch die große Menge anfallender Abfälle ebenso wie die arbeitssparenden Verfahren zur Beseitigung der Exkremente im kleinen und mittleren Betrieb.

Zahlreiche Untersuchungen hatten den Einfluß des Klärprozesses auf Mikroorganismen und Wurmparasiten, bzw. deren Eier, zum Gegenstand. Als Untersuchungsmaterial fanden dabei meistens dickschalige Wurmeier Verwendung. Es wurde davon ausgegangen, daß diese dank ihrer hohen Widerstandskraft gegen Umwelteinflüsse jeder Art Aussagen über das Verhalten von Wurmeiern insgesamt erlauben. Dies mag für die längstmögliche Zeitspanne bis zur Abtötung durch irgendeinen Einfluß gelten, sollte jedoch nicht für den Entwicklungsvorgang als

solchen verallgemeinert werden. Da die Abtötung von dickschaligen Wurmeiern berechtigterweise bevorzugt untersucht wurde, ist es verständlich, daß über die Entwicklungsfähigkeit dünnschaliger Nematodeneier in Kläranlagen bisher wenig bekannt ist.

Herr Professor Dr.Dr.h.c. H. LIEBMANN† hat mich beauftragt, den Einfluß verschiedener Abwasserklärsysteme auf die Entwicklungsfähigkeit dünnschaliger Nematodeneier zu untersuchen.

Die Versuche wurden auf dem Abwasserversuchsfeld der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt in Großlappen bei München durchgeführt.

2. LITERATUR

2.1. Verbreitung von Wurmeiern

"Volksgesundheit und Hygiene, Trinkwasserversorgung, Kanalisation, Kläranlagen und Gewässerschutz sind Begriffe, die eng miteinander verknüpft sind und nicht getrennt gesehen werden dürfen." (HANDLOSER, 1965). Kläranlagen spielen in der Wechselwirkung der angesprochenen Bereiche eine wesentliche Rolle, denn alle Abwässer, die menschliche oder tierische Abgänge enthalten, sind als ansteckend und potentiell seuchengefährlich anzusehen (EYER, 1961).

LIEBMANN (1965) sagt über die Abwasserreinigung: "Die Aufgabe einer Kläranlage ist es, die im Abwasser enthaltenen anorganischen und organischen Schmutzstoffe zurückzuhalten. Dies geschieht in der Regel durch den mechanischen und durch den biologischen Teil einer Kläranlage. Neben der Zurückhaltung von Schmutzstoffen müssen beim Betrieb einer Kläranlage die seuchenhygienischen Gesichtspunkte beachtet werden, denn es muß neben der Zurückhaltung von anorganischen und organisch fäulnisfähigen Substanzen auch dafür gesorgt werden, daß eine Zurückhaltung und Vernichtung von pathogenen Keimen und Wurmeiern gewährleistet wird, die mit dem Rohabwasser in die Kläranlage gelangen."

In zahlreichen Untersuchungen wurde festgehalten, welche Mengen von Wurmeiern in Kläranlagen eingeschwemmt werden können. In einem Liter Rohabwasser von Darmstadt fand REINHOLD (1948) 5400 Wurmeier. Im Abwasser Berlins waren pro Liter 1 - 15 Askariden-eier und 20 - 200 Eier von *Enterobius vermicularis* enthalten (SCHROEDER, 1949). STUTZ (1950) untersuch-

te das Mannheimer Abwasser und stellte pro Liter vier Askarideneier fest. In München fand ZARTNER (1951) je Liter Rohabwasser drei Askarideneier. Untersuchungen von LEHMANN (1954) in Memmingen ergaben pro Liter 61,84 Wurmeier.

In den Millionenstädten Mitteleuropas gelangen täglich über eine Milliarde Wurmeier mit dem Abwasser in die Klärwerke, von denen nur etwa zehn Prozent vom Menschen stammen, während der Rest aus den Schlachthöfen kommt (LIEBMANN, 1966/1). Die Ursache liegt im hohen Endoparasitenbefall der Haustiere, wobei die Schweine besonders stark betroffen sind. Bei Zucht- und Mastschweinen sind je nach Alter und Geschlecht 52 - 79% der Tiere mit Oesophagostomumarten infiziert (BOCH und NEUBRAND, 1962). Untersuchungen von Wiederkäuerkot aus verschiedenen Gegenden Deutschlands ergaben, daß 55,5% der Tiere mit Trichostrongylus, Ostertagia, Cooperia, Nematodirus und Oesophagostomum befallen waren (BOCH, 1955).

Mit dem stärksten Anfall von Wurmeiern der Haustiere ist an den Schlachttagen zu rechnen. Im Abwasser der Stadt Memmingen wurden die meisten Wurmeier dienstags gezählt. Den größten Anteil stellten die Askarideneier, gefolgt von dünnchaligen Nematodeneiern. (LEHMANN, 1954). Dies bestätigen auch Untersuchungen von FORSTNER (1960) im Rohabwasser der Kläranlage von Mindelheim. An den Schlachttagen Dienstag und Mittwoch enthielt ein Liter Abwasser durchschnittlich 11,3 und 9,7 Wurmeier. Der Samstag brachte mit 0,4 Eiern pro Liter das niedrigste Ergebnis der Woche.

Von LIEBMANN (1964, 1965) durchgeführte Untersuchungen in Japan und in verschiedenen Großstädten Europas, Nordafrikas und Kleinasien zeigen, daß die Abwässer

sehr große Mengen von Wurmeiern enthalten.

LIEBMANN (1955) gibt auch eine Zusammenstellung der am häufigsten gefundenen Eier in Kläranlagen, das sind vom Menschen *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Oxyuris vermicularis*, *Taenia saginata* und vom Haustier Schweine- und Kälberaskariden, Magen- und Darmstrongylien.

2.2. Einflüsse auf die Entwicklung von Wurmeiern

Temperatur, Feuchtigkeit und Sauerstoff sind wesentliche Faktoren in der Entwicklung von Wurmeiern. Die Mindesttemperatur, bei der sich Askarideneier noch entwickeln, liegt bei 8° C (MÜLLER, 1950; PLÖSSL, 1950; FURCHNER, 1952; LIEBMANN, 1953; GERMANS, 1954; RUF, 1955). Die Höchsttemperatur, bei der noch eine vollständige Entwicklung beobachtet werden kann, ist nach GERMANS (1954), RUF (1955) und YASURAOKA und WEINSTEIN (1969) 37° C, bzw. 39° C nach PLÖSSL (1950), FURCHNER (1952) und LIEBMANN (1953).

Die Widerstandsfähigkeit der Eier einiger Nematodenarten gegenüber erhöhten Temperaturen untersuchte FORSTNER (1974). Es zeigte sich, daß die Entwicklungsfähigkeit von der Einwirkungsdauer abhängt. Am empfindlichsten reagierten Pferdestrongylien, 10% der Eier lösten sich auf, wenn sie zehn Minuten lang einer Temperatur von 40° C ausgesetzt wurden. Abgestorben sind diese Eier nach zehn Minuten bei 50° C. Die Eier von *Ascaris suum* überlebten 50° C fünf Minuten lang, ohne Schaden zu nehmen. Bei Verlängerung des Aufenthalts auf 15 Minuten brachten nur noch 1 - 3% der Eier Larven hervor. Eier von

Toxocara canis entwickelten auch bei 55° C noch 20% Larven und wurden erst durch eine Einwirkungszeit von zehn Minuten restlos abgetötet. Dagegen reichte eine Temperatur von 50° C, um die Eier der Magen-Darmstrongylien des Schafes zu vernichten.

Für verschiedene parasitisch lebende Nematoden gibt CROFTON (1965) eine Übersicht der Grenztemperaturen, innerhalb derer sich unter konstanter Feuchtigkeit und gleichbleibendem Sauerstoffgehalt die Eier zu Larven entwickeln:

- <i>Haemonchus contortus</i>	9° - 36° C
- <i>Ostertagia circumcincta</i>	4° - 34° C
- <i>Cooperia</i> spp.	16° - 38° C
- <i>Trichostrongylus</i> spp.	8° - 36° C
- <i>Bunostomum trigonocephalum</i>	15° - 34° C
- <i>Chabertia ovina</i>	6° - 36° C

Nicht zur Entwicklung gebracht werden konnten in dieser Untersuchung die Eier von *Oesophagostomum venulosum*. Die kürzeste beobachtete Entwicklungszeit wurde bei *Haemonchus*-Eiern mit 13 Stunden bei 36° C festgestellt.

Die Geschwindigkeit der Entwicklung ist abhängig von der Temperatur. Tieferen Temperaturen verlangsamen den Entwicklungsprozeß, höhere Temperaturen lassen ihn in kürzerer Zeit ablaufen. In den Versuchen von CROFTON (1965) wurde auch jeweils die Temperatur ermittelt, bei der die Entwicklung bis zum Schlüpfen der Larve I 24 Stunden dauerte:

- <i>Ostertagia</i> spp.	20° C
- <i>Haemonchus contortus</i>	23° C
- <i>Bunostomum trigonocephalum</i>	23° C
- <i>Cooperia</i> spp.	25° C
- <i>Chabertia ovina</i>	26° C
- <i>Trichostrongylus</i> spp.	28° C.

In Askarideneiern entwickeln sich die Larven nach zehn bis fünfzehn Tagen bei 29° - 30° C (LIEBMANN, 1953; GERMANS, 1954). Bei einer Temperatur von 15° C dauert die Entwicklung zwei bis vier Wochen (LIEBMANN, 1953), dreißig Tage (MÜLLER, 1950) oder vierzig Tage (KALBE, 1955/56). Monatelang dauert die Entwicklung bei 8° C (MÜLLER, 1950).

JONAS (1970) untersuchte die Haltbarkeit von *Ascaris suum* bei tiefen Temperaturen. Die Eier wurden nach verschiedenen Methoden unter Zugabe von Schutzlösungen auf -25° C und -79° C abgekühlt. Mit zunehmender Lagerungsdauer bei -25° C nahm die Entwicklungsfähigkeit ab, bei -79° C verloren die Eier restlos die Fähigkeit, nach dem Auftauen Larven zu entwickeln. Als Methode zur Konservierung empfiehlt er die Lagerung bei 4° C. Bei dieser Temperatur konnte selbst nach neunzig Tagen keine merkliche Schädigung festgestellt werden.

Die Abwesenheit von Sauerstoff allein genügt nicht, um Askarideneier zu vernichten. Ein neunwöchiger Sauerstoffentzug wird schadlos überstanden (PLÖSSL, 1950). BUCHWALDER (1966) beobachtete lediglich einen Entwicklungsstillstand, der bei anschließender Bebrütung in Anwesenheit von Luftsauerstoff wieder aufgeholt wird. Versuche mit Leberegeleiern über einen Zeitraum von fünfzehn Tagen ergaben ebenfalls nur eine Hemmung der Entwicklung, nicht aber eine Schädigung (HORSTMANN, 1962).

LÜNSMANN (1972) untersuchte unter Laboratoriumsbedingungen den Einfluß von Temperatur, Trockenheit und Sauerstoffabschluß auf dünnchalige Nematoden-eier, vornehmlich der Art *Oesophagostomum*. Sehr hoch

ist die Schädigungsquote bei Trockenheit und -20° C. Nach fünf Stunden ist keines der Eier mehr in der Lage, sich weiterzuentwickeln. Unter Sauerstoffabschluß sind die Eier bei dieser Temperatur bereits nach drei Stunden zerstört. Bei 3° C mit Feuchtigkeit und Sauerstoff entwickeln sich nach fünfzehn Tagen noch 1,3% der Eier zu Larven. Unter Sauerstoffabschluß findet nach zehntägiger Versuchsdauer keine Weiterentwicklung mehr statt. Die Schädigungsquote bei Trockenheit beträgt nach drei Tagen bereits 99%. Bei Zimmertemperatur (21° - 23° C) entwickeln sich in Anwesenheit von Sauerstoff und Feuchtigkeit alle Eier in spätestens zwei Tagen zu Larven. Nach zehn Stunden Trockenheit bei Zimmertemperatur werden nur noch degenerierte Eier beobachtet. Der stärkste zerstörerische Einfluß ist bei 40° C und Trockenheit festzustellen. Nach einer Versuchsdauer von fünfzehn Minuten kann durch die anschließende Bebrütung kein einziges Ei zur Weiterentwicklung gebracht werden. Feuchtigkeit unterstützt bei dieser Temperatur zunächst die Larvenbildung, im weiteren Verlauf wird das Schlüpfen der Larven verhindert; sie lösen sich im Ei auf.

Die Widerstandsfähigkeit der Eier von *Taenia pisi-formis* in verschiedenen Bodenarten wurde von MINTZ-LAFF (1968) im Laboratorium und unter natürlichen Bedingungen untersucht. Temperatur und Feuchtigkeit stellen sich auch hier als wichtige Parameter für die Beurteilung der schädigenden Wirkung heraus. In Sand und Lehm werden die Eier innerhalb von drei Wochen bei Trockenheit und einer Temperatur von -8° C zerstört. Bei derselben Temperatur und Feuchtigkeit überleben die Eier acht Wochen. Bei 30° C und Trok-

kenheit sind die Eier im Sand nach zwei Wochen und im Lehmboden nach drei Wochen abgetötet. Bei Anwesenheit von Feuchtigkeit dauert es zehn Wochen, bis alle Wurmeier vernichtet sind. Der Lagerort der Eier im Freien ist von ausschlaggebender Bedeutung für die Überlebensdauer. Diese beträgt im Winter an der Oberfläche neun Wochen, in der Tiefe des Bodens zwölf Wochen bei Kies und neunzehn Wochen bei Humus und Lehm. Im Sommer durchgeführte Versuche bestätigen diese Ergebnisse.

Bei Askarideneiern muß im Boden mit einer Lebensdauer von etwa einem Jahr gerechnet werden (PLÖSSL, 1950; RENNER, 1951; ZARTNER, 1951; KIZEVAL'TER et al., 1968; FORSTNER, 1970).

Ultraviolette Licht bis zu einer Wellenlänge von 248 m μ schädigt Wurmeier schon nach einer Minute Einwirkungsdauer. Eine Wellenlänge des Lichts über 312 m μ läßt auch nach einer Bestrahlung von dreißig Minuten keinen ungünstigen Einfluß erkennen. (GERMANS, 1954).

Sonnenlicht mit seinen vorwiegend längerwelligen Anteilen an UV-Strahlen wirkt erst nach Stunden schädigend (JETTMAR et al., 1951; BUCHWALDER, 1966). Je nach Art und Dosis der Bestrahlung mit UV-Licht werden dickschalige und dünnchalige Wurmeier in der Zeit von einer Minute bis zu zwanzig Minuten vernichtet (LÜHRS, 1938; GERMANS, 1954; BUCHWALDER, 1966). RUF (1955) schränkt diese Angaben insofern ein, als ihm eine vollkommene Abtötung der Eier und Larven von Spulwürmern auch nach einstündiger UV-Bestrahlung nicht gelang.

SAUER (1969) untersuchte das Verhalten von Spulwurmeiern gegenüber radioaktiven Gamma-Strahlen (Cs 137).

Der Grad der Schädigung ist abhängig von der Dauer und Dosis der Bestrahlung und dem Entwicklungsstand der Eier. Der Einfluß der Gamma-Strahlen ist umso größer, je weiter die Entwicklung fortgeschritten ist. Zur Abtötung werden jedoch hohe Dosisleistungen (200 000 r) benötigt, die derzeit aus Kostengründen nicht eingesetzt werden können.

Gegen Druck sind Wurmeier sehr widerstandsfähig. MÜLLER (1951) konnte bei Einwirkung von 4,5 atü keine bleibenden Schäden feststellen. Dünnschalige Eier von *Strongylus vulgaris* und *Fasciola hepatica* halten - auch rasch wechselnde - Drucke bis zu 225 atü bis zu drei Tage lang aus (LIDLE, 1954).

Die Arbeitsweisen landwirtschaftlicher Betriebe bei der Mist-, Gülle- und Jaucheverwertung sind von entscheidendem Einfluß auf die Weiterverbreitung von Wurmkrankheiten bei Haustieren. Wird der täglich anfallende Mist sachgerecht gestapelt, sind innerhalb von zwei Monaten alle Wurmeier und -larven abgestorben (SCHRÖTTLE, 1955). Wurmeier in Gülle- und Jauchegruben verlieren ebenfalls nach einem zweimonatigen Aufenthalt die Fähigkeit zur Weiterentwicklung (LOCHER, 1954).

ENIGK, HILDEBRANDT und TIETJEN (1965) untersuchten die Lebensdauer von Wurmeiern und -larven in vier Schwemmist-Varianten aus Rinderkot, -harn und Wasser ohne und mit verschiedenem Einstreuzusatz. Nach einem Aufenthalt von längstens 76 Tagen bei 8° C waren die Eier der Magen-Darmstrongyliden der Wiederkäuer abgestorben, bei 18° C gingen sie nach 37 Tagen zugrunde. Askarideneier entwickelten sich bei 8° C nach 85 Tagen Aufenthalt im Schwemmist noch zu 70% weiter. Zahlreiche Onkosphären von *Taenia pisiformis* waren

nach 76 Tagen bei 8° C noch infektiös, während sie bei 18° C alle nach 37 Tagen abgestorben waren.

HENLE (1975) untersuchte die Überlebensdauer von Wurmeiern im Schweinefließmist und daraus hergestellten Varianten mit verschiedenem Wasser- und Einstreuzusatz. Während ihres Aufenthalts im Fließmist entwickelten sich die Eier nicht weiter. In Freilandversuchen waren die Askarideneier nach 75 Tagen, die Eier von *Fasciola hepatica* nach vierzehn Tagen abgetötet. Oesophagostomummeier erfuhren in den stärker mit Wasser verdünnten Varianten bei Temperaturen von 7° ~ 8° C erst nach fünfzig Tagen eine irreversible Schädigung.

Mit den parasitologischen Problemen bei der Beseitigung von Abwasser, Abwasserschlämmen und Abfällen landwirtschaftlicher Nutztiere setzt sich FORSTNER (1973/1, 2) auseinander und faßt die wichtigsten Punkte zur Vermeidung der Weiterverbreitung von parasitären Krankheiten durch menschliche und tierische Abfälle zusammen. Danach ist die Kompostierung wurmeihaltigen Materials als Mittel der Wahl anzusehen, wenn es darum geht, aus Kot, Schlachtabfällen, Abwasserschlämmen und Müll ein hygienisch einwandfreies Endprodukt zu gewinnen.

Mit Chemikalien können Wurmeier im Abwasser oder bei der Abwasserreinigung nicht vernichtet werden. LIEB-MANN (1953) gibt einen umfassenden Überblick über die Wirksamkeit verschiedener chemischer Verbindungen auf Wurmeier. LENTZE (1932), FIEGEL (1954) und GERMANS (1954) kommen durch ihre Untersuchungen ebenfalls zu der Überzeugung, daß Chemikalien nicht die geeigneten Mittel zur Behandlung von Abwasser darstellen, um dieses wurmfrei zu machen. Wegen der Giftigkeit ist ihre Verwendung sowohl in der Landwirtschaft ab-

zulehnen (SCHUBERT, 1947; GERMANS, 1954), als auch bei der Abwasserreinigung, wo sie für den Faulprozeß notwendige Methanbakterien vernichten und außerdem die Düngewirkung des Schlammes beeinträchtigen würden (LIEBMANN, 1953).

2.3. Verhalten von Wurmeiern in Kläranlagen

Die erste Stufe der Abwasserreinigung ist die mechanische Klärung. Suspendierte Schwebstoffe werden durch physikalische Vorgänge bis zu einem bestimmten Prozentsatz aus dem einlaufenden Rohabwasser abgetrennt (STRELL, 1955).

Schräg in den Abwasserzufluß gestellte Stäbe im Abstand von 40 - 60 mm halten als Rechenanlage die größeren Bestandteile zurück. Wurmeier überwinden den Grobrechen mühelos, wenn sich auch einige in dem aufgestauten Abfall verfangen und mit diesem entfernt werden. In den anschließenden Sandfanganlagen herrschen stärkere Strömungen, die zwar den Sand und ähnliche Stoffe absinken lassen, aber das Absetzen organischer Schwebstoffe verhindern. In den nachgeschalteten Sedimentierungsbecken der mechanischen Reinigungsanlagen verschiedener Bauart, die das grob vorgereinigte und von Sand befreite Abwasser erreicht, erfolgt durch die Verringerung der Fließgeschwindigkeit die Ausscheidung von etwa zwei Dritteln aller absetzbaren Schlammstoffe. (HUSMAN, 1950).

Nach einer Aufenthaltszeit von eineinhalb bis zwei Stunden kann damit gerechnet werden, daß alle Wurmeier abgesunken sind und sich im Schlamm angereichert haben (FORSTNER, 1961; MENSCHEL, 1964; LIEB-

MANN, 1966/1). IMHOFF (1969) faßt diese und andere Untersuchungsergebnisse in dem Satz zusammen, daß es erwiesen sei, "daß die Wurmeier sich mit dem Schlamm im Absetzbecken absetzen".

Der Schlammbehandlung gilt demnach die besondere Aufmerksamkeit, will man die Weiterverbreitung von Parasitosen verhindern. Die landwirtschaftliche Betriebsform der Massentierhaltung nimmt zu und führt mit ihrer großen Tierzahl auf kleinem Raum zu einem Anfall von Exkrementen, der in den meist mit geringen Anbauflächen arbeitenden Betrieben als Dünger nicht restlos untergebracht werden kann (SCHELTINGA und KOORENNEF, 1969). Nach und nach werden solche Betriebe dazu übergehen müssen, aus seuchenhygienischen Gründen und zum Schutz der Umgebung vor Geruchsbelästigungen, ihre Abgänge in eigenen geeigneten Anlagen aufzubereiten, bevor sie in den Vorfluter oder in die Kanalisation eingeleitet werden (SCHERB und FORSTNER, 1971).

Ausfaulen des Klärschlammes unter anaeroben Bedingungen im alkalischen Milieu in ausreichender Zeit führt zu sicherer Abtötung von Wurmeiern (LIEBMANN, 1955, 1963). Ausreichend sind mindestens drei Monate im unbeheizten und zwei Monate im beheizten Faulraum, damit durch den Fäulnisprozeß und das dabei entstehende Methangas die parasitären Vermehrungsstadien vernichtet werden (LIEBMANN, 1950, 1953, 1966/1, 2). STROH (1961) beobachtete allerdings, daß ein dreimonatiger Aufenthalt im beheizten Faulturm nicht ausreicht, um alle eingebrachten Askarideneier abzutöten. Dies wird von FORSTNER (1970) bestätigt. Zahlreiche Spulwurmeier entwickelten sich nach einem dreimonatigen Aufenthalt im Emscherbecken wie auch

nach vierwöchiger Lagerung im beheizten Faulturm unter optimalen Bedingungen zu bescheideten Larven, die im Mäuseversuch ihre Infektionsfähigkeit unter Beweis stellten. Eier des großen Leberegels wurden im beheizten Faulturm nach vier Wochen Einwirkungszeit zu 42% geschädigt. Nach der Bebrütung des Eimaterials bei optimalen Bedingungen zeigten sich fast ausschließlich atypische Mirazidien, die noch im Ei abstarben.

In den meisten Kläranlagen folgt der mechanischen Reinigung des Abwassers die zweite Stufe der biologischen Reinigung. Durch verschiedene technische Systeme werden die im mechanisch geklärten Abwasser vorhandenen organischen Schmutzstoffe abgebaut. Wurmeier können in diesen Teil einer Kläranlage gelangen, wenn sie aus irgendeinem Grund, wie Überlastung oder Schwimmdeckenbildung, das Absetzbecken passiert haben und nicht im Schlamm der mechanischen Stufe angereichert worden sind. Daneben gibt es Verfahren, die ohne mechanische Vorreinigung arbeiten, wie zum Beispiel die Belebungsanlage nach DANJES-SCHREIBER und der Oxidationsgraben.

Im Oxidationsgraben werden Askarideneier auf das Siebzigfache angereichert (verglichen mit ihrer Anzahl im Rohabwasser) und nach dreimonatigem Aufenthalt nur bei einem geringen Prozentsatz sichtbare Schädigungen beobachtet (HAMM, 1964). Auch SCHÄTZLE (1969) meint, daß die aerobe Schlammstabilisierung keinen schädigenden Einfluß ausübt. GÜNTHÖR (1970) stellt fest, daß Belebtschlammanlagen auf Askarideneier reversibel entwicklungshemmend wirken. Auch nach 120 Tagen Aufenthalt in den Anlagen waren nur maximal 30% Eier so schwer geschädigt, daß keine

Weiterentwicklung mehr erfolgte. Maximal 62,5% der Leberegeleier waren nach 90 Tagen Aufenthalt in den Anlagen so verändert, daß keine Entwicklung mehr stattfand. Anschließend unter optimalen Bedingungen gehalten entwickelten sich die restlichen Eier sogar beschleunigt zu Larven.

BECHTOLD (1972) untersuchte den Einfluß von Schlamm aus Belebungsanlagen auf Eier von Spul- und Knötchenwürmern des Schweines. Dreizehn Monate Aufenthalt im Trockenbeet des Oxidationsgrabens erzielten bei maximal 75% der Askarideneier irreversible Schäden. Aus den Eiern, die ein Jahr lang im Siloschlamm des Oxidationsgrabens lagerten, entwickelten sich 82% Larven. Oesophagostomum Eier überlebten vereinzelt eine zwanzigtägige Lagerung, waren aber nach dreißig Tagen Aufenthalt im Schlamm restlos abgestorben. Gefrieren sie zusammen mit dem Schlamm, gehen sie zugrunde, wogegen Askarideneier Temperaturen von -15°C mehrere Tage fast schadlos überstehen.

Bei Verwendung des Überschussschlammes aus Belebtschlammanlagen als Dünger muß sichergestellt sein, daß die stets vorhandene große Zahl lebensfähiger Eier von Wurmparasiten vernichtet wird, um eine Weiterverbreitung zu verhindern. Bevorzugt angewendet werden sollten dabei Verfahren mit Hitzeeinwirkung wie Schlammverbrennung, Schlammpasteurisierung für 20 - 25 Minuten bei 70°C oder Schlammkompostierung. Die bei der Kompostierung auftretenden Temperaturen von 50° - 70°C je nach Zusammensetzung, Bearbeitung und Sauerstoffzufuhr gewährleisten die Abtötung der im Schlamm angereicherten Wurmeier. (SCHERB und FORSTNER, 1971).

Ebenfalls mit Spulwurmeiern arbeitete MARTIN (1964).

Er stellt fest, daß im Tropfkörper neben Schmutzstoffen teilweise auch die Wurmeier aus dem mechanisch vorgeklärten Abwasser herausgefiltert werden und - im Hochlasttropfkörper - bis zu maximal 16% irreversibel geschädigt werden. Dazu meint LIEBMANN (1966/1), daß weder im Belebungsbecken noch im Tropfkörper Wurmeier vernichtet werden können. Auch FORSTNER (1961) sieht im Schlammbelebungs- und Tropfkörperverfahren keine sichere Methode zur Abtötung von Parasitenkeimen.

In diesem Zusammenhang sei erwähnt, daß Untersuchungen auf den Einfluß bestimmter Faktoren meist mit Askarideneiern durchgeführt werden, da allgemein angenommen wird, daß diese durch den Bau ihrer Schale besonders widerstandsfähig gegenüber äußeren Einwirkungen aller Art sind. Es wird vermutet, daß dünn-schalige Eier wegen ihrer größeren Empfindlichkeit mit Sicherheit dann vernichtet werden, wenn dies auch bei Askarideneiern der Fall ist. In einigen Arbeiten konnte, wie erwähnt, die größere Widerstandsfähigkeit der Spulwurmeier gegenüber verschiedenen Einflüssen gezeigt werden. So berichten FIEGEL (1954) über die Wirkung von Aktivchlor, ENIGK u. Mitarb. (1965) über das Verhalten im Rinderschwemmist, BECHTOLD (1972) über den Aufenthalt im Schlamm-silo und Schlamm-trocken-beet, LÜNSMANN (1972) über den Einfluß von Temperatur, Sauerstoffentzug und Trockenheit, FORSTNER (1974) über wurmeiervernichtende Grenztemperaturen und HENLE (1975) über den Schweinefließmist als beeinflussenden Faktor. Für das Verhalten dünn-schaliger Nematodeneier bei der Stabilisierung von Abwasserschamm liegen bisher jedoch keine Ergebnisse vor.

3. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

3.1. Beschreibung der Anlagen

Die Reinigung des Abwassers beim Belebtschlammverfahren erfolgt durch Bakterien, die an den Flockenschlamm gebunden sind. Dieser entsteht durch Ausflockung kolloidal gelöster organischer Substanz, wie sie im Abwasser reichlich vorhanden ist, bei der Sättigung mit Sauerstoff und inniger Vermischung des Abwassers. Die Flocken enthalten eine große Anzahl von Bakterien und anderen Mikroorganismen und werden in ihrer Gesamtheit als Belebtschlamm bezeichnet. An diesen werden die im Abwasser mitgeführten Schmutzstoffe adsorbiert und von den Mikroorganismen im Stoffwechsel abgebaut. Der dafür benötigte Sauerstoff wird künstlich eingebracht. Verschiedene technische Verfahren stehen dazu zur Verfügung: Walzen-, Kreisel- oder Rohrbelüftungen. Die entstehenden Turbulenzen dienen gleichzeitig zur Vermischung des Abwassers mit dem Belebtschlamm. Durch den kontinuierlichen Zustrom entsteht im Laufe der Zeit Überschussschlamm, der in Trockenbeete abgepumpt wird.

Das Belebungsverfahren arbeitet teilweise mit unbehandeltem Rohabwasser, d. h. die Wurmeier werden in vollem Umfang in die Anlage eingebracht. Es erhebt sich damit die Frage nach dem Einfluß des Belebtschlammes auf die Entwicklungsfähigkeit der Eier. Weiterhin ist es denkbar, daß trotz Vorklärung mit ausreichender Absetzzeit Parasitenkeime in die Anlage gelangen können. Deshalb wurden Anlagen mit und ohne mechanische Vorklärung in die Versuche einbezogen.

Auf dem Abwasserversuchsfeld der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt in München-Großlappen erfolg-

te die Überprüfung nachfolgend benannter Anlagen auf ihre Einwirkung gegenüber dünnchaligen Nematoden-eiern in der Zeit vom 30. Oktober 1971 bis 30. Juli 1975:

- Belebungsanlage mit Rohrbelüftung nach Schreiber
- Belebungsanlage mit Rohrbelüftung nach dem Lindox-Verfahren
- Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes-Schreiber
- Oxidationsgraben
- Faulraum eines Emscherbrunnens.

Mechanisch vorgeklärtes Abwasser erhalten die beiden Rohrbelüftungsanlagen; Danjes-Anlage und Oxidationsgraben werden mit Rohabwasser gefahren.

3.2. Material und Methodik

3.2.1. Vorversuchsreihe

3.2.1.1. Materialbeschaffung

Zur Gewinnung von Oesophagostomumeiern diente Schweinekot aus dem Schlacht- und Viehhof München. Erfahrungsgemäß lassen ältere Tiere eine größere Eiausbeute erwarten, deshalb wurde auf dem Viehhof nur von Sauen abgesetzter Kot gesammelt. Der Transport erfolgte in handelsüblichen Einmalhandschuhen aus Kunststoff, wobei für jedes Tier ein neuer Handschuh verwendet wurde. Dasselbe Verfahren fand Verwendung bei der Aufnahme von Kot älterer Tiere in Schafhaltungen des Landkreises Garmisch-Partenkirchen.

Die Abtrennung der Eier aus dem Kot erfolgt mit

Hilfe der Flotationsmethode. Als Flotationsmittel wird gesättigte Zuckerlösung verwendet, um schädigende Einflüsse auf die Eier so gering wie möglich zu halten. Außerdem ist eine ergiebige Ausbeute zu erwarten (SCHMIDT, 1971).

Vor der Verarbeitung größerer Mengen Kotes ist es zweckmäßig, festzustellen, ob die einzelne Probe eine ausreichende Menge Eier liefern kann. Vom Kot eines jeden Tieres wird zunächst ein haselnußgroßes Stück mit 10 ml gesättigter Zuckerlösung übergossen, verrührt und so lange geschüttelt, bis eine homogene Suspension erreicht ist. Auf die von SCHMIDT (1971) durchgeführte Zentrifugation wird aus zwei Gründen bewußt verzichtet. Erstens steht der Zeitaufwand für die Verarbeitung mehrerer Kilogramm Kot über die Zentrifugation im Reagenzglas in keinem tragbaren Verhältnis zur Gesamtausbeute an Eiern. Zweitens täuscht die Zentrifugation der Stichproben einen höheren Ei Gehalt vor, als er durch einfaches Stehenlassen der Aufschwemmung in einem 1000 ml-Becherglas zu erreichen ist.

Von der Oberfläche der Suspension wird mit der Drahtöse ein Tropfen entnommen und unter dem Mikroskop ausgezählt. Proben, die nach 15 Minuten keine oder nur vereinzelt Eier liefern, sind wegen ihres geringen Ei Gehalts unbrauchbar. Von dem für geeignet befundenen Kot werden anschließend jeweils walnußgroße Brocken mit etwa 50 ml gesättigter Zuckerlösung übergossen, verrührt und geschüttelt, bis eine gleichmäßige Vermengung erreicht ist. Durch ein grobes und feines Sieb gibt man nun die Suspension in ein 1000-ml-Becherglas. Mit zunehmender Flotationsdauer steigt die Anzahl

der Eier pro Öse. Beobachtungen während des Versuchszeitraums haben gezeigt, daß beim Schweinekot nach etwa 45 Minuten mit dem Abschöpfen der an der Oberfläche aufschwimmenden Eier begonnen werden kann. Beim Schafkot wird ein vergleichbares Ergebnis erst nach etwa 75 Minuten erreicht. Das liegt wohl daran, daß der Schafkot eine mehr pastöse Beschaffenheit und insgesamt einen größeren Gehalt an flotierbaren Teilchen hat.

Die mit der Drahtöse entnommenen Eier werden in ein Reagenzglas mit Wasser eingebracht. Zu Beginn und nach jeweils zehn Abschöpfungen erfolgt die Auszählung eines Öseninhalts, um die Anzahl der gewonnenen Eier zu ermitteln. Für jede Anlage werden pro Versuch etwa 25 000 Eier benötigt. Ist die gewünschte Eizahl in den Reagenzgläsern erreicht, wird die Eiaufschwemmung zentrifugiert und mit so viel Wasser aufgefüllt, daß im Milliliter rund 2000 Eier enthalten sind. Der größte Teil der Zuckerlösung wird durch diese Behandlung entfernt.

Zur Feststellung der Gattungszugehörigkeit der aufgrund ihrer Morphologie nicht differenzierbaren Eier erfolgte die Anzüchtung der Larven III. Dazu wurde ein walnußgroßes Stück Kot in einem abgedeckten Becherglas acht Tage lang bei 30° C bebrütet. Tägliche Kontrollen stellten sicher, daß der Kot nicht austrocknete und ausreichend belüftet wurde. Zur Bestimmung der bescheideten Larven dienten die Angaben von BÜRGER und STOYE (1968) und HULÍNSKA (1969).

3.2.1.2. Durchführung der Methode

Eine erprobte Methode zur Untersuchung des Einflusses von Kläranlagen auf Spulwurmeier geben FORSTNER und SCHÄTZLE (1966) und FORSTNER (1971) an. Für jede Probe werden drei Millionen Spulwurmeier in einem Beutel aus Perlongaze mit einer Maschenweite von 20 μ in die zu untersuchende Anlage gebracht und nach bestimmten Aufenthaltszeiten auf Veränderungen hin begutachtet. Ausgewertet werden jeweils dreimal hundert Eier. Die anschließende Bebrütung gibt Aufschluß über den schädigenden Einfluß der überprüften Anlage.

Dünnschalige Nematodeneier unterscheiden sich hinsichtlich Art und Dauer der Larvenentwicklung von Spulwurmeiern. Nach CROFTON (1965) schlüpfen die Larven verschiedener Strongylidenarten aus den dünnchaligen Eiern bei Temperaturen zwischen 20° C und 28° C innerhalb von 24 Stunden. Grenzwerte für die Entwicklung liegen zwischen 4° C und 38° C. Nach vierstündiger Bebrütung bei 29° C beobachtete LÜNSMANN (1972) schon einige Embryonen in Oesophagostomum-eiern. In etwa 80% der Eier sind nach acht Stunden Larven zu sehen und nach etwa fünfzehn Stunden sind fast alle Larven geschlüpft und bewegen sich lebhaft schlängelnd. Askarideneier machen dagegen eine längere Reifezeit im Freien durch (BORCHERT, 1970). Es war zu erwarten, daß sich aus den verwendeten dünnchaligen Eiern während ihres Aufenthalts in der Anlage Larven entwickeln, schlüpfen und den Einflüssen des Abwassers ausgesetzt sein würden.

Für die Untersuchungen in den Anlagen wurde jeder Gazebeutel mit etwa 3000 Eiern, das sind 1,5 ml

Suspension, mittels einer geeigneten Pipette gefüllt. Vor jeder Entnahme war das Becherglas gründlich zu schütteln, um eine gleichmäßige Verteilung der Eier zu gewährleisten. Für jede Anlage waren zweimal acht Beutel vorgesehen. Die restlichen Eier dienten als Kontrolle.

Aus Zeitgründen wurden nie mehr als drei Anlagen gleichzeitig beschickt. Vom Aufsammeln des Kotes bis zum Einbringen der Beutel in die Anlagen vergehen in der Regel fünf bis sechs Stunden. Diese im Verhältnis zur Entwicklungsdauer der Larven ziemlich lange Zeit läßt sich aus rein praktischen Gründen nicht wesentlich verkürzen. Die gefüllten Gazebeutel wurden an verschiedenen Stellen in die Anlage eingebracht. Sie wurden an einem beschwerten Kunststoffseil an folgenden Stellen eingehängt:

- Belebungsanlage mit Rohrbelüftung:
ca 1 m unter der Wasseroberfläche
- Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren:
in den Einlaufstutzen zum Nachklärbecken in
etwa 30 cm Tiefe
- Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes-Schreiber:
Befestigung am Fahrwerk mit einer Eintauchtiefe
von etwa einem Meter
- Oxidationsgraben:
in etwa einem halben Meter Tiefe jeweils in der
Mitte des Grabens vor, hinter und gegenüber der
Bürstenwalze.

Zur Kontrolle wurden rund 10 000 Eier der entsprechenden Kotproben in einer mit Wasser gefüllten Petrischale im Inkubator bei einer Temperatur von 30° C bebrütet. Ein Kartonstreifen zwischen Unter-

teil und Deckel ermöglichte den Luftzutritt. Nach 24 und 48 Stunden wurden jeweils 3 x 100 Eier, bzw. Larven ausgezählt und deren Entwicklungsstand festgestellt.

3.2.1.3. Beurteilung der Proben

Die Eier wurden nach 1, 2, 3, 5, 8, 14 und 21 Tagen aus den Anlagen genommen, die Beutel im fließenden Wasser von anhaftendem Schmutz befreit und der Inhalt in eine Petrischale gespült. Nach dem Zentrifugieren erfolgte die Auswertung des Bodensatzes unter dem Mikroskop.

Anschließend kamen die Proben für 24 Stunden in den Brutschrank, um festzustellen, ob morphologisch veränderte Eier nur in der Entwicklung gehemmt oder irreversibel geschädigt worden sind.

Die Proben wurden nach folgendem Schema beurteilt und das Ergebnis in Prozent ausgedrückt:

- Larven:

Neben den geschlüpften Larven I zählten auch die bereits voll ausgebildeten und beweglichen Larven innerhalb der Eihülle. Es erschien gerechtfertigt, so zu verfahren, weil im Verlauf der Untersuchungen mehrfach festgestellt werden konnte, daß diese Larven sich kurz vor dem Schlüpfen befanden und binnen weniger Stunden die Eischale verlassen hatten.

- embryonierte Eier:

Darunter sind Eier zu verstehen, bei denen der Embryo eine einseitige Einziehung am Übergang vom ersten zum zweiten Drittel aufweist. Wenn dieses Stadium angetroffen wurde, fiel auf, daß

alle diese Eier dieses Aussehen hatten. Geringfügige Abweichungen, die als Vor- oder Nachstufen zu werten gewesen wären, traten nicht auf.

- Furchungskugeln:

Alle Eier, die keine oder nur eine geringe Weiterentwicklung gegenüber dem Ausgangsmaterial zeigten, wurden unter dieser Rubrik geführt.

- dunkles Plasma:

Mittel- bis schwarzbraune Färbung charakterisiert Eier dieses Typs. Das dunkle Plasma war gleichmäßig granuliert und füllte die Schale bis auf einen hellen Randspalt aus.

- helles Plasma:

Das Plasma dieser Art von Eiern blieb fast durchsichtig. Erkennbare Granula lagen innerhalb der Schale verstreut oder in einem kleinen Bezirk, etwa in der Eimitte, konzentriert. Die Oberfläche dieser Bezirke zeigte sich meist uneben und wich von der umgebenden Schalenform oft erheblich ab.

Beschädigte Eier mit Inhalt konnten in keinem Fall beobachtet werden. Leere Eihüllen traten nur im Zusammenhang mit Larven auf, sie wurden nicht mitgezählt.

3.2.2. Hauptversuchsreihe

3.2.2.1. Materialbeschaffung

Die Hauptversuche wurden ausschließlich mit Eiern von Oesophagostomen des Schweines durchgeführt. Wie bei den Vorversuchen wurde auch hier wieder im

Viehhof München Kot von Sauen und Altschneidern mit Einmalhandschuhen nach Tier getrennt eingesammelt. Für den Transport ins Labor waren besondere Vorkehrungen zu treffen, da Untersuchungen von CROFTON (1965) und LÜNSMANN (1972) zeigen, daß schon während des Transports und der Anreicherung Entwicklungen stattfinden, die mit Sicherheit die Versuchsergebnisse beeinflussen. Unbestritten ist, daß die Reifung der Eier durch niedrigere Temperaturen verlangsamt wird. Andererseits soll verhindert werden, daß durch zu niedrige Temperaturen Vorschädigungen eintreten, die dann als Wirkung der Anlage fehlgedeutet werden. Im Winter wie im Sommer geschah deshalb der Transport des Kotes vom Viehhof zum Labor in einer Isoliertasche. Die frisch abgesetzten, noch körperwarmen Kotproben wurden im Winter mit dem Einmalhandschuh aufgenommen und in die ausgekühlte Tasche eingelegt. Bei der Entnahme des Kotes aus der Tasche herrschten in dieser Temperaturen um 10° C. Im Sommer kamen zusätzlich zwei tiefgefrorene Kälteakkus in die Tasche, die durch eine Styroporplatte am direkten Kontakt mit dem Kot gehindert wurden. So blieb auch im Sommer die Temperatur des Kotes unter 15° C.

Es muß ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß die Temperatur an der Oberfläche der Kotproben nicht niedriger als 5° C war; Das Ziel dieses Vorgehens war die Drosselung der Entwicklungstätigkeit der Wurmeier vor dem eigentlichen Versuch in dem Substrat der jeweiligen Anlage.

3.2.2.2. Durchführung der modifizierten Methode

Die Vorversuchsreihe hat gezeigt, daß die Methode nach FORSTNER und SCHÄTZLE (1966) für die Arbeit mit dünnshaligen Nematodeneiern grundsätzlich anwendbar ist, wenn die schnelle Entwicklung dieser Eier genügend berücksichtigt wird. Die Zeit zwischen Kotentnahme und Einbringen der Eispension in die Anlage bestimmt wesentlich die Ergebnisse. Es mußte ein Weg gefunden werden, der die Verarbeitungszeit verkürzte. Der einzige Arbeitsgang, der bei gleichem Resultat zeitlich gestrafft werden konnte, war das Befüllen der Beutel. An ihrer Stelle wurden vorbereitete Behälter benutzt (Abb. 1).

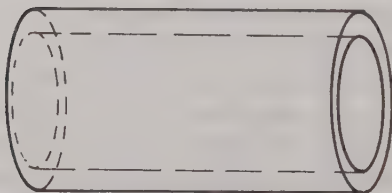


Abb. 1: Probenbehälter

Von der Meterware eines Plastikschauches mit einer lichten Weite von 8 mm wurden jeweils etwa 2 cm lange Stücke abgeschnitten. Ein halbmondförmiges Sattlerrmesser ergibt glatte Schnittflächen. Aus einem Stück monofiler Nylongaze mit 5 μ Maschenweite stanzt man mit einem Loch Eisen entsprechenden Größe die zum Verschließen der Behälter notwendigen durchlässigen Plättchen aus. Mit einer Pinzette werden die Plättchen auf das mit Klebstoff bestrichene Ende des Röhrchens aufgesetzt und vorsichtig angedrückt. Ein dauerhafter und dichter Abschluß entsteht, wenn die Kante des Behälters un-

mittelbar anschließend mit einer geringen Menge Klebstoff ein zweites Mal bestrichen wird, so daß an beiden Enden eine wulstartige Umfassung entsteht (Abb. 2).

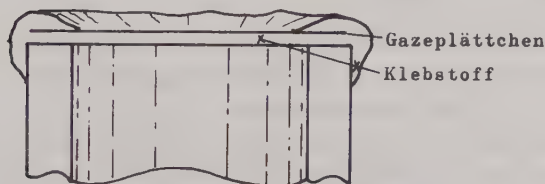


Abb. 2: Verschuß der Probenbehälter

Gegenüber den Gazebeuteln haben die solcherart gefertigten Behälter - neben wesentlich geringerem Materialverbrauch - den Vorteil, daß beim Entleeren keine Bestandteile des Abwassers in die Probe gelangen. Bei der Arbeit mit den Beuteln war wiederholt festzustellen, daß sich in den Falten, die beim Zubinden zwangsläufig entstehen, Abwasserinhaltsstoffe ansammeln. Auch durch sorgfältiges Spülen vor dem Öffnen der Beutel können diese Partikel nicht restlos entfernt werden. Beim Durchmustern der Präparate wirken sie sich störend, teilweise sogar irreführend aus.

Für die einzelne Probe steht aus rein praktischen Gründen nur eine geringe Anzahl dünnwandiger Nematodeneier zur Verfügung, die es gilt, mit möglichst niedrigen Verlusten wiederzugewinnen. Die im Hauptversuch benutzten Behälter können nicht nur mit einer festgelegten Menge von Eiern gefüllt, sondern auch vor dem Öffnen von jeder anhaftenden Verunreinigung gesäubert und so geleert werden, daß der Inhalt quantitativ zu erfassen ist.

Aus dem Kotmaterial wurden die Eier mittels konzentrierter Zuckerlösung genauso wie bei den Vorversuchen (3.2.1.2.) abgetrennt. Die Einstellung der Eiaufschwemmung auf einen Gehalt von etwa 1000 Eiern pro Milliliter erfolgte durch Zugabe von Leitungswasser.

Die Probenbehälter wurden auf folgende Weise befüllt: Nach intensivem Umrühren zieht man mit einer 5 ml fassenden Einmalspritze einen Teil der Suspension auf. Die Kanüle wird seitlich so in den Behälter eingestochen, daß der schräge Anschliff parallel zur Längsachse verläuft. Nach Injektion eines Milliliters verschließt man die Einstichstelle mit einem Tropfen Klebstoff. Eigentlich ist dies nicht nötig, da sich durch die dünne Kanüle und die Art des Einstichs nur eine schlitzförmige Öffnung in der 1,5 mm dicken Behälterwand bildet, die sich beim Entfernen der Kanüle selbsttätig wieder schließt. Aus Sicherheitsgründen wurde jedoch auf diesen wenig zeitaufwendigen Vorgang nicht verzichtet.

Der innige Kontakt mit den Abwasserinhaltsstoffen ist durch beidendige Öffnung der Röhrchen gegeben. Die Maschenweite von 5 μ gewährleistet, daß keine Larven aus den Behältern entweichen können. Die wesentlich kleineren Bakterien und Viren, sowie gelöste Inhaltsstoffe aus dem umgebenden Medium können andererseits die Gaze ungehindert passieren und mit den Parasitenstadien in Berührung kommen.

Die Behälter kamen zusammen mit einem Stein zur Beschwerung in ein Kunststoffnetz und anschließend in die vorgesehene Anlage. Der etwa faustgroße Stein gleicht den durch die Bewegung des Wassers

in den Anlagen hervorgerufenen Auftrieb aus und sorgt dafür, daß das Netz in einer bestimmten Tiefe gehalten wird. In jede Anlage gelangten 30 Behälter. Entnommen wurden jeweils drei, um Schwankungen in der Befüllung auszugleichen. Außerdem sind bei dieser Anzahl einige "Reservebehälter" für unvorhersehbare Zwischenfälle vorhanden.

Die Netze wurden an folgenden Stellen in die Anlage gehängt:

- Belebungsanlage mit Rohrbelüftung:
ca 1 m unter der Wasseroberfläche
- Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren:
in den Einlaufstutzen zum Nachklärbecken in etwa 30 cm Tiefe
- Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes-Schreiber:
am Fahrwerk mit einer Eintauchtiefe bis zu 1 m
- Oxidationsgraben:
ca 50 cm unter der Wasseroberfläche nach der Bürstenwalze
- Faulraum:
an der tiefsten Stelle.

Der Transport der befüllten Behälter erfolgte, wie die des Kotes, in der Isoliertasche. Die Kontrollproben wurden ebenfalls in dieser Tasche mit nach Großlappen genommen, um sie vor der Bebrütung den gleichen Bedingungen wie die Versuchsproben auszusetzen.

Bei der Hauptversuchsreihe vergingen zwischen Kotentnahme und Beschickung der Anlagen mit den Behältern etwa vier Stunden.

3.2.2.3. Beurteilung der Proben

Die Probenbehälter wurden nach 1, 2, 3, 4, 5, 8, 14, 21 und, soweit erforderlich, 28 Tagen aus den Anlagen entnommen und auf dem Transport in gekennzeichneten Reagenzgläsern aufbewahrt. Dann wurden die Behälter unter fließendem Wasser von anhaftendem Schmutz befreit. Nach mehreren Tagen Aufenthalt in den Anlagen bilden sich in den Röhrchen Schlammflocken, die im mikroskopischen Bild die Eier und Larven derartig überlagern, daß eine genaue Auswertung sehr erschwert ist. Unter einem schwachen, ganz feinen Wasserstrahl schüttelt man die Kunststoffröhrchen so lange, bis der Inhalt klar wird. Unterstützend wirkt vorsichtiges Drücken zwischen Daumen und Zeigefinger. Wasser tritt tropfenförmig durch die Gazeplättchen aus und nimmt einen großen Teil der passierbaren Teilchen mit. Jetzt erst wird mit einer spitzen Pinzette an einem Ende des Behälters das verschließende Plättchen abgerissen und der Inhalt in ein Zentrifugenröhrchen gegeben. Mit Leitungswasser wird noch einige Male nachgespült, um sicher zu sein, daß nichts vom Probenmaterial im Behälter zurückgeblieben ist.

Die morphologische Beurteilung der Proben erfolgte nach demselben Schema wie bei den Vorversuchen (3.2.1.3.).

Nach der qualitativen und quantitativen Auswertung verblieb die Probe auf dem gekennzeichneten Objektträger mit eingeschliffener Vertiefung für 24 bis 48 Stunden bei 30⁰ C, um nach dieser Zeit erneut nach den beschriebenen Kriterien beurteilt zu werden. Eintrocknen der Flüssigkeit verhindert die Lagerung der Objektträger in feuchten Kammern.

Die Petrischalen wurden mit wenig Wasser beschickt, die Objektträger auf Glasstäbchen gelegt, die Deckel auf den mit mehreren kleinen Kartonstreifen versehenen Rand der Schalen gestülpt und das Ganze vorsichtig in den Brutschrank gebracht.

3.3. Ergebnisse

3.3.1. Vorversuchsreihe

Während des Versuchszeitraumes schwankten die Wassertemperaturen zwischen 13° und 16° C.

Belebungsanlage mit Rohrbelüftung (Tab. 1, 2)

Auffallend war, daß sich in den ersten 24 Stunden des Aufenthaltes in der Anlage bis zu 70% Larven aus Oesophagostomeiern entwickelt hatten. Sie waren genauso beweglich, wie die ebenfalls geschlüpften Larven aus der Kontrollprobe. Morphologische Unterschiede ließen sich nicht erkennen. 13% der Eier hatte bereits das Stadium der Gastrulation erreicht. Ein etwa gleich großer Anteil zeigte dunkel, bzw. hell granuliertes Plasma. Nach 24-stündiger Bebrütung haben sich die Embryonen erwartungsgemäß weiterentwickelt, so daß jetzt 91% Oesophagostomum- und 93% Ostertagia-Cooperia-Larven gefunden wurden. Die restlichen Eier wiesen zwar keine sichtbaren Schädigungen auf, hatten sich jedoch auch nicht weiterentwickelt; ihre Struktur erschien gegenüber dem Entnahmetag unverändert.

Nach zwei Tagen Aufenthalt in der Anlage enthielten die Beutel 91% Oesophagostomum- und 94% Ostertagia-Cooperia-Larven. Das sind nur jeweils 2% weniger als

aus den Kontrollen erhalten wurden. Die Larven bewegten sich lebhaft und waren von den unter optimalen Bedingungen gehaltenen nicht zu unterscheiden. In den am dritten Tag entnommenen Beuteln herrschten ähnliche Verhältnisse, doch konnte man hier beobachten, daß die Larven langsamere Bewegungen ausführten.

Der Beutelinhalt bestand nach fünf Tagen zu etwa zwei Dritteln aus Larven. Eier mit hellem und dunklen Plasma nahmen zu. Die Gesamtzahl an Parasitenkeimen schien reduziert zu sein. Besonders in den hell granulierten Eiern rückte das Plasma deutlich von der Eihülle ab. Der Aufenthalt im Brutschrank erhöhte den Larvenanteil nur mehr unwesentlich.

In den nach acht Tagen entnommenen Proben konnten nur noch undeutliche Strukturen wahrgenommen werden, die dem Beurteilungsschema nicht eindeutig zuzuordnen waren. Die Masse der Gebilde könnte man als im Zerfall begriffene Larven bezeichnen; Eier sind nicht mehr auffindbar. Auch nach Aufenthalt im optimalen Milieu schlüpften keine Larven mehr.

Nach zwei und drei Wochen enthielten die Beutel nur noch Partikel, die aus dem Abwasser durch die Gaze eingedrungen waren.

Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren (Tab. 3, 4)

Nach einem Tag in der Anlage waren bereits aus etwa 80% der Eier von Oesophagostomum, sowie von Ostertagia und Cooperia Larven geschlüpft. Sie bewegten sich lebhaft schlängelnd und glichen morphologisch den Larven der Kontrollproben. Embryonen enthielten 8% der Oesophagostomum-, bzw. 11% der Ostertagia-Cooperia-Eier. Der Rest zeigte vornehmlich dunkel strukturiertes Plasma, das gleichmäßig im Ei verteilt war. Durch

Tabelle 1:

Der Einfluß der Belebungsanlage mit Rohrbelüftung auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	70 (91)	13 (-)	2 (-)	10 (7)	5 (2)
2	91 (93)	- (-)	- (-)	6 (4)	3 (3)
3	89 (90)	- (-)	- (-)	8 (5)	3 (5)
5	67 (72)	- (-)	- (-)	10 (19)	23 (9)
8	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 93% Larven.

Tabelle 2:

Der Einfluß der Belebungsanlage mit Rohrbelüftung auf die Entwicklung von Ostertagia- und Cooperiaeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	67 (93)	16 (-)	- (-)	16 (2)	1 (5)
2	94 (93)	- (-)	- (-)	5 (4)	1 (3)
3	93 (95)	- (-)	- (-)	5 (5)	2 (-)
5	64 (69)	4 (-)	- (-)	6 (24)	26 (7)
8	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 96% Larven

den Brutschrankaufenthalt beendeten die embryo-
nierten Eier ihre Entwicklung zu Larven, deren An-
teil dann 90% (Oesophagostomum) und 91% (Ostertagia-Cooperia) betrug. Die verbliebenen Eier zeig-
ten je zur Hälfte dunkles und helles Plasma.

Der zweite Tag Aufenthalt im relativ sauerstofffrei-
chen Wasser erhöhte die Larvenausbeute nur unwesent-
lich auf 85% (Oesophagostomum) und 86% (Ostertagia-
Cooperia). Daß der Larvenanteil nach der Bebrütung
mit 82, bzw. 80% geringer war, kann damit erklärt
werden, daß beim Auszählen der Parasitenkeime zufäl-
lig ein größeres Eikonglomerat miteingeschlossen
wurde. Es konnte nämlich mehrfach beobachtet werden,
daß sich sowohl Eier als auch Larven an verschiede-
nen Stellen des Objektträgers zusammenballten.

Nach dem dritten Tag wurden etwas weniger Larven ge-
funden, von denen ein größerer Teil ziemlich langsame
Bewegungen ausführte; einige Larven zuckten nur noch
von Zeit zu Zeit. Bei den Eiern der Schafnematoden
war dieses veränderte Verhalten stärker ausgeprägt.
Die Zahl der Eier mit hellem und dunklem Plasma
hielt sich die Waage. Auch hier waren Veränderungen,
die auf degenerative Vorgänge hindeuten, vereinzelt
festzustellen. So wurden zwei Oesophagostomumeier
beobachtet, deren Oberfläche zwar noch dem ursprün-
glichen Aussehen entsprach, deren Inhalt jedoch bis
auf einen durchsichtigen, mit winzigen dunklen Ein-
sprengseln versehenen Rest zusammengeschrumpft war.
Die Bebrütung brachte noch einige Eier zur Larven-
entwicklung, so daß einen Tag später 83% (Oesopha-
gostomum), bzw. 81% (Ostertagia-Cooperia) Larven
gefunden wurden.

Nach einer Verweildauer von fünf Tagen sank der An-
teil der Larven weiter ab. Aus 59% (Oesophagostomum)

Tabelle 3:

Der Einfluß der Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	81 (90)	8 (-)	- (-)	8 (5)	3 (5)
2	85 (82)	7 (-)	- (-)	6 (10)	2 (8)
3	78 (83)	5 (-)	- (-)	7 (10)	10 (7)
5	59 (75)	10 (-)	- (-)	9 (10)	22 (15)
8	33 (60)	15 (-)	- (-)	10 (28)	42 (12)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 93% Larven.

Tabelle 4:

Der Einfluß der Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren auf die Entwicklung von Ostertagia- und Cooperiaeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	79 (91)	11 (-)	- (-)	8 (4)	2 (5)
2	86 (80)	3 (-)	- (-)	9 (12)	2 (8)
3	74 (81)	7 (-)	- (-)	11 (9)	8 (10)
5	63 (73)	6 (-)	- (-)	4 (9)	27 (18)
8	30 (55)	21 (-)	- (-)	10 (31)	39 (14)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 96% Larven.

und 63% (*Ostertagia-Cooperia*) entwickelten sich im Brutschrank noch 75% und 73%. Daneben machte sich eine Zunahme der hellen Eier bemerkbar. Bei allen Arten setzte sich der Schrumpfungsprozess innerhalb der Eier fort. An der Eihülle waren vermehrt Auflagerungen von Substanzen aus dem Abwasser zu beobachten.

Die Beutel enthielten nach acht Tagen noch etwa zu einem Drittel Larven. Offenbar war die Gesamtzahl der Parasitenkeime stark gesunken. Häufig war das Gesichtsfeld bei der mikroskopischen Untersuchung leer. Die Larven zeigten wiederum stark herabgesetzte Aktivität; es wurden immer mehr unbewegliche gefunden. Sie lagen meist s-förmig gekrümmt und bewegten nur manchmal das Vorderende ein wenig zur Seite. Mehrere Eier beginnen sich aufzulösen.

Nur noch Einzeller und andere Abwasserbestandteile waren nach zwei und drei Wochen Aufenthalt in der Anlage in den Beuteln zu finden. Spuren von Larven oder Eiern konnten nicht mehr aufgefunden werden. Die Bebrütung bestätigte dies; es schlüpften keine Larven mehr.

Oxidationsgraben (Tab. 5 - 10)

Der Übersichtlichkeit halber werden die Beobachtungen nach Eiarten getrennt beschrieben.

Oesophagostomumeier (Tab. 5, 7, 9)

Nach einem Tag Aufenthalt im Oxidationsgraben waren im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Anlagen kaum Larven zu finden. Vor der Bürstenwalze (v) und in der Mitte des Grabenovals (m) hatten sich aus einem Prozent der Eier Larven entwickelt. Hinter der

Walze (h), wo der Sauerstoffgehalt höher ist, waren 11% Larven geschlüpft. Die Hälfte (m) bis vier Fünftel (h) der Eier zeigten sich gegenüber dem Vortag aufgehellert, doch immernoch deutlich strukturiert. Nach der 24-stündigen Bebrütungszeit hatten sich die meisten Eier zu Larven entwickelt, und zwar 95% vor, 93% hinter der Bürstenwalze und 81% in der Mitte der Anlage.

Am zweiten Tag wurden ebenfalls sehr wenige Larven gefunden, doch auffallendviele embryonierte Eier. Die Summe der Larven und Embryonen vor und hinter der Walze (39% und 43%) war annähernd gleich. Aus dem Rahmen fällt das Ergebnis der Proben gegenüber der Bürstenwalze. Diese enthielten 1% Larven und keine Embryonen. Die Bebrütung lieferte hier auch nur 69% Larven, die allerdings keine morphologischen Abweichungen erkennen ließen und sich lebhaft bewegten. Aus den an den beiden anderen Stellen entnommenen Proben entwickelten sich innerhalb von 24 Stunden 86% (h) und 90% (v) Larven. Diese waren ebenfalls voll beweglich und frei von sichtbaren Schädigungen.

Die nach den ersten beiden Tagen sich abzeichnende Tendenz hielt auch nach dem dritten Tag an. In der Mitte der Anlage und vor der Bürstenwalze enthielten die Proben 7% und 5% Larven, hinter der Walze 25%. Embryonierte Eier waren vor und hinter der Walze (35% und 30%) vorhanden, keine in der Grabenmitte. Einige der hellen Eier zeigten beginnende Auflösungserscheinungen, das Plasma rückte von der Eihülle ab, so daß ein Spalt entstand. Dieser wurde fast ausschließlich an einer der beiden Längsseiten des Eies beobachtet. Bei einigen der dunklen Eier kam es zu einer Verdichtung der Struktur zum Zentrum hin. Es traten zwischen

dem kugeligen, fast schwarzen Inhalt und der Eihülle an den Polen freie Bereiche auf. Trotz dieser morphologischen Veränderungen schlüpfen nach dem Brutschrankaufenthalt 92% (v), 90% (h) und 81% (m) Larven. Die anfangs beobachteten Bewegungen waren jetzt langsamer geworden. Einzelne Larven bewegten sich nur noch gering mit dem Vorderende.

Nach dem fünften Tag traten erstmals auch in der Mitte des Grabens embryonierte Eier auf (17%), daneben 3% Larven. 23% Larven und 19% Embryonen enthielt die Probe hinter der Walze, vor der Walze 6% Larven und 31% embryonierte Eier. Die übrigen Eier zeigten gegenüber dem dritten Tag keine weitergehenden Veränderungen. Die Schlupfquote nach dem Bebrüten war nach wie vor hoch. Sie betrug 79% (v), 81% (h) und 73% (m).

In den Proben vor der Bürstenwalze befanden sich nach acht Tagen 8% Larven, deren Prozentsatz sich nach 24 Stunden Bebrütung auf 65 erhöhte. Nach zwei Wochen Aufenthalt wurden zwei Prozent Larven und nach dem Bebrüten des Materials 48% festgestellt. Der Anteil der embryonierten Eier betrug 23% (nach acht Tagen) und 27% (nach zwei Wochen). Die hellen Eier machten vor dem Aufenthalt im Brutschrank etwa die Hälfte der Parasitenkeime aus, danach verringerte sich ihr Anteil. Die restlichen Eier zeigten besonders nach dem zweiwöchigen Aufenthalt im Graben deutliche Veränderungen. Das Plasma war bis auf kleine Reste geschwunden. Die Hülle erschien nicht mehr gleichmäßig dick. Winzige Auflagerungen verliehen ihr ein höckeriges Aussehen. In den dunklen Eiern kam es zu keiner weiteren Reduktion des Inhalts. Vorherrschend blieb das bereits am dritten Tag beobachtete Bild der fast schwarzen Kugel im unveränderten Oval des Eis.

Die Probenbeutel hinter der Walze enthielten nach

acht Tagen keine Larven und nur noch 5% embryonierte Eier, nach zwei Wochen 7% Larven und 14% Embryonen. Nach 24 Stunden Brutdauer betrug der Prozentsatz an Larven 13, bzw. 34. Unerklärlich hoch war der Anteil an Eiern mit Furchungskugeln (25% und 30%). Für die übrigen Eier gilt das im vorherigen Absatz Gesagte: In den hellen Eiern war das Plasma geschwunden, in den dunklen Eiern zu einer fast schwarzen Kugel zusammengedrängt.

Gegenüber der Walze in Grabenmitte wurden nach acht Tagen 13% Larven und 24% embryonierte Eier gefunden, nach zwei Wochen 2%, bzw. 8%. Nach Bebrütung waren 69%, bzw. 25% Larven vorhanden. Die restlichen Eier glichen denen, die vor der Bürstenwalze in die Anlage eingebracht worden waren.

Nach drei Wochen enthielt keiner der Probenbeutel mehr Eier oder Larven, auch keine leeren Eihüllen. Dieses Ergebnis wurde durch den Aufenthalt im Brutschrank bestätigt. Nach 24 Stunden waren alle Proben weiterhin frei von Larven und Eiern.

Ostertagia- und Cooperiaeier (Tab. 6, 8, 10)

Nach einem Tag im Oxidationsgraben hatten sich in jeder Probe Larven entwickelt. Daneben waren embryonierte Eier festzustellen. Die Larvenanteile von 78% (v), 83% (h) und 72% (m) erhöhten sich nach 24 Stunden Bebrütung auf 95% (v), 97% (h) und 85% (m). Morphologisch und in ihren Bewegungen waren diese Larven nicht von denen der Kontrollgruppe zu unterscheiden.

Am zweiten Tag betrug die Schlüpftrate 91% (v), 92% (h) und 88% (m). Durch den Aufenthalt im Brutschrank wurde nur eine geringfügige Zunahme auf 92% (v), 95% (h) und 93% (m) erreicht.

Nach dem dritten Tag war der Anteil der Larven wieder etwas geringer. Vor der Walze wurden 82% gefunden, dahinter 77% und auf der gegenüberliegenden Seite des Grabens 86%. Die Bebrütung ergab 90% (v, m) und 81% (h). Die Larven hatten etwas von ihrer Lebhaftigkeit eingebüßt, neben schlängelnden Bewegungen wurde ein langsames Seitwärtspendeln des Vorderendes beobachtet.

Nach dem fünften Tag nahm der Larvenanteil in den Probenbeuteln deutlich ab. Es wurden zwischen 49% (h) und 60% (m) gefunden, nach Anzucht im Inkubator 63% (h), 72% (v) und 87% (m). Die restlichen Eier zeigten teilweise Veränderungen, wie sie bereits bei den Oesophagostomum-Eiern beschrieben worden sind. In den hellen Eiern kamen hier allerdings die Aufhellungen des Plasmas im gesamten Bereich gehäuft vor und die Spaltbildung unter der Eihülle konnte nicht beobachtet werden. Das Bild der geschrumpften, fast schwarzen Kugel herrschte in den dunklen Eiern vor.

Der Anteil der embryonierten Eier war nach acht Tagen am höchsten, nämlich 10% (v), 16% (h) und 18% (m). Larven wurden zu 27% (v), 29% (h) und 47% (m) gefunden, nach dem Bebrüten stieg ihr Anteil auf maximal 70% (m). Die verbliebenen Eier beinhalteten zum größeren Teil fast schwarze Plasmakugeln. Der Anteil aufgehellter Eier blieb unter 10%.

Die Probenbeutel vor und hinter der Bürstenwalze waren nach zwei und drei Wochen frei von den ursprünglich eingefüllten Wurmeiern. Auch durch den Aufenthalt im Brutschrank kamen keine Larven mehr zum Vorschein. Die in der Mitte des Oxidationsgrabens gegenüber der Walze eingehängten Beutel enthielten nach zwei Wochen 29% Larven, wobei anzumerken ist, daß

Tabelle 5:

Der Einfluß des Oxidationsgrabens bei Einbringung vor der Bürstenwalze auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	1 (95)	- (-)	6 (-)	20 (3)	73 (2)
2	6 (90)	33 (-)	5 (-)	19 (4)	37 (6)
3	5 (92)	35 (-)	2 (-)	22 (3)	36 (5)
5	6 (79)	31 (-)	7 (-)	10 (8)	34 (13)
8	8 (65)	23 (-)	3 (-)	17 (26)	49 (9)
14	2 (48)	27 (-)	- (-)	23 (33)	48 (19)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 93% Larven.

Tabelle 6:

Der Einfluß des Oxidationsgrabens bei Einbringung vor der Bürstenwalze auf die Entwicklung von Ostertagia- und Cooperiaeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	78 (95)	8 (-)	- (-)	10 (4)	4 (1)
2	91 (92)	2 (-)	- (-)	4 (5)	3 (3)
3	82 (90)	- (-)	- (-)	5 (3)	13 (7)
5	58 (72)	7 (-)	- (-)	20 (24)	15 (4)
8	27 (66)	10 (-)	- (-)	37 (27)	26 (7)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 97% Larven.

Tabelle 7:

Der Einfluß des Oxidationsgrabens bei Einbringung hinter der Bürstenwalze auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	11 (93)	- (-)	1 (-)	7 (1)	81 (6)
2	19 (86)	24 (-)	3 (-)	5 (5)	49 (9)
3	25 (90)	30 (-)	2 (-)	8 (3)	35 (7)
5	23 (81)	19 (-)	11 (-)	13 (10)	34 (9)
8	- (13)	5 (-)	25 (-)	25 (24)	45 (3)
14	7 (34)	14 (-)	30 (-)	30 (59)	19 (7)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 93% Larven.

Tabelle 8:

Der Einfluß des Oxidationsgrabens bei Einbringung hinter der Bürstenwalze auf die Entwicklung von Ostertagia- und Cooperiaeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	83 (97)	10 (-)	3 (-)	1 (2)	3 (1)
2	92 (95)	3 (-)	- (-)	3 (3)	2 (2)
3	77 (81)	14 (1)	- (-)	7 (12)	2 (6)
5	49 (63)	9 (-)	- (-)	19 (26)	23 (11)
8	29 (57)	16 (-)	- (-)	32 (35)	23 (8)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 97% Larven.

Tabelle 9:

Der Einfluß des Oxidationsgrabens bei Einbringung gegenüber der Bürstenwalze auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	1 (81)	- (-)	18 (3)	27 (10)	54 (6)
2	1 (69)	- (-)	19 (-)	7 (7)	73 (24)
3	7 (81)	- (-)	27 (-)	10 (12)	56 (7)
5	3 (73)	17 (-)	11 (-)	27 (21)	42 (6)
8	13 (69)	24 (-)	4 (-)	12 (23)	47 (8)
14	2 (25)	8 (-)	- (-)	43 (63)	47 (12)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 93% Larven.

Tabelle 10:

Der Einfluß des Oxidationsgrabens bei Einbringung gegenüber der Bürstenwalze auf die Entwicklung von Ostertagia- und Cooperiaeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	72 (85)	9 (-)	5 (-)	3 (2)	11 (13)
2	88 (93)	7 (2)	- (-)	1 (3)	4 (2)
3	86 (90)	6 (-)	- (-)	2 (7)	6 (3)
5	60 (87)	12 (-)	- (-)	11 (10)	17 (3)
8	47 (70)	18 (-)	- (-)	5 (23)	30 (7)
14	29 (55)	2 (-)	- (-)	44 (31)	25 (14)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 97% Larven.

die Gesamtzahl der Parasitenkeime stark abgenommen haben mußte, da ihre Anzahl pro Gesichtsfeld weit geringer als bei den früher entnommenen Proben war. Nach dem Bebrüten hatte sich die Larvenzahl mit 55% fast verdoppelt, wobei jedoch Bewegungslosigkeit auffiel. Nur vereinzelt konnten minimale Pendelbewegungen beobachtet werden. Die restlichen Eier zeigten gegenüber der Vorwoche keine wesentlichen Veränderungen. Nach drei Wochen wurden auch hier keine Parasitenkeime mehr gefunden.

Gegenstrombeleuchtungsanlage nach Danjes (Tab. 11, 12)

Die Ergebnisse für die verschiedenen Eiarten wichen sehr voneinander ab, weshalb sie getrennt dargestellt werden.

Oesophagostomumeier (Tab. 11)

Nach einem Tag Aufenthalt in der Anlage waren über die Hälfte der Eier (52%) unverändert, 19% zeigten dunklen und 25% hellen Inhalt, der bei beiden Typen noch gut strukturiert war und keine morphologischen Schädigungen erkennen ließ. Die Bebrütung erbrachte nach 24 Stunden einen Larvenanteil von 84%. Die Larven entsprachen in Verhalten und Aussehen denen der Kontrollproben.

Am zweiten Tag wurden 32% kaum veränderte und 17% embryonierte Eier gefunden. Bei Bebrütung schlüpfen aus 96% der Eier Larven, die sich lebhaft schlängelnd bewegten. Die restlichen Eier enthielten ausnahmslos dunkle, fast schwarze Plasmakugeln, die in der Mitte der Eier lagen und an den Längsseiten von innen die Eihülle berührten.

Nach drei Tagen erschienen noch 12% der Eier wenig

verändert, 5% enthielten Embryonen und 61% zeigten helles Plasma, wobei keine Auflösungserscheinungen zu sehen waren. Die Schlupfquote nach dem Aufenthalt im Brutschrank betrug 90%, 8% der Eier zeigten blässig zerfallendes helles Plasma und bei 2% wurden die bereits beschriebenen schwarzen, geschrumpften Plasmakugeln festgestellt.

Am fünften Tag enthielten die Probenbeutel 7% Larven und 20% embryonierte Eier. Der Larvenanteil stieg im Inkubator nach 24 Stunden auf 78%. Einige dieser Larven waren bewegungsunfähig und zeigten im Bereich der Darmzellen winzige eingelagerte Granula. In den restlichen Eiern hielt die Tendenz der Auflösung, bzw. Schrumpfung an.

Nach acht Tagen wurden 15% Larven gefunden, die sich nur langsam schlängelnd am Ort bewegten. Ein Drittel der Eier enthielt Embryonen. Die Bebrütung ergab einen Larvenanteil von 57%. Die meisten Larven bewegten sich recht schwerfällig. In 34% der Eier sah man das schon am zweiten Tag beobachtete schwarze Konglomerat des geschrumpften Plasmas.

Die wenigen Larven, die nach zwei Wochen gefunden wurden, waren völlig unbeweglich und hatten ihre innere Struktur verloren. Im optimalen Milieu erhöhte sich ihr Anteil zwar auf 7%, doch auch dieser zeigte nur matte Bewegungen. In den meisten Eiern (87%) herrschte das schwarzkörnige geschrumpfte Plasma vor.

Nach drei Wochen Aufenthalt in der Anlage wurden weder Larven noch Eier gefunden. Auch die Bebrütung brachte keine Larven mehr hervor.

Ostertagia- und Cooperiaeeier (Tab. 12)

Nach einer Verweildauer von einem Tag beinhalteten die Probenbeutel 80% geschlüpfte Larven und 4% embryonisierte Eier. Die Bebrütung ergab 94% Larven, die sich alle lebhaft bewegten.

Nach zwei Tagen hatten sich 92% Larven entwickelt, deren Anteil sich durch die Bebrütung um ein Prozent erhöhte.

Am dritten Tag wurden 77% Larven gefunden, 8% Eier enthielten dunkel gekörntes, 15% helles Plasma. Nach dem Bebrüten nahmen die Larven auf 85% zu. Das Plasma in den dunklen Eiern hatte sich in der Mitte des Eies kugelig verdichtet.

Fünf Tage Aufenthalt in der Anlage führten zur Ausbildung von 36% Larven. Der Anteil der dunklen Eier stieg auf 52%. Nach dem Bebrüten wurden 43% Larven gefunden, die sich sehr wenig bewegten. Helle Eier waren nur in sehr geringer Anzahl vorhanden.

Nach acht Tagen konnten 10% Larven festgestellt werden, darunter viele unbewegliche. Der Aufenthalt im Brutschrank führte zu einer Zunahme auf 19%. Eine Steigerung der Beweglichkeit war damit nicht verbunden. Über drei Viertel der Eier (78%) zeigten jetzt schwarzes geschrumpftes Plasma.

Zwei und drei Wochen nach Versuchsbeginn enthielten die Probenbeutel keine der eingebrachten Parasitenkeime mehr. Die Bebrütung bestätigte dieses Ergebnis.

Tabelle 11:

Der Einfluß der Danjes-Anlage auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten
(Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach
24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	3 (84)	1 (-)	52 (-)	19 (11)	25 (5)
2	1 (96)	17 (-)	32 (-)	15 (4)	35 (-)
3	- (90)	5 (-)	12 (-)	22 (2)	61 (8)
5	7 (78)	20 (-)	3 (-)	29 (17)	41 (5)
8	15 (57)	33 (-)	- (-)	37 (34)	15 (9)
14	2 (7)	- (-)	- (-)	74 (87)	24 (6)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Tabelle 12:

Der Einfluß der Danjes-Anlage auf die Entwicklung von Ostertagia-
und Cooperiaeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten
(Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach
24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell
1	80 (94)	4 (-)	- (-)	4 (5)	12 (1)
2	92 (93)	- (-)	- (-)	6 (5)	2 (2)
3	77 (85)	- (-)	- (-)	8 (11)	15 (4)
5	36 (43)	- (-)	- (-)	52 (56)	12 (1)
8	10 (19)	- (-)	- (-)	76 (78)	14 (3)
14	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 97% Larven.

3.3.2. Folgerungen für die Modifizierung der Methode

Die Auswertung von dreimal hundert Eiern legen FORSTNER und SCHÄTZLE (1966) ihren Ergebnissen zugrunde. In der Vorversuchsreihe wurde nach demselben Schema verfahren. An den ersten beiden Tagen der jeweiligen Versuchsreihen wurden Ergebnisse erhalten, die in dieser Form zu erwarten waren und zwar infolge der kurzen Entwicklungsdauer dünnschaliger Nematodeneier in Verbindung mit einem durchaus nicht als ungünstig zu bezeichnenden Milieu, besonders was den Sauerstoffgehalt angeht. Andere Resultate erbrachten die Versuche mit Oesophagostomeiern im Oxidationsgraben und in der Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes (Tabellen 5, 7, 9 und 11). Hier wurden Einflüsse wirksam, die noch abgegrenzt werden müssen.

Die monofile Nylongaze, aus der die Beutel der Vorversuche hergestellt worden waren, hatten eine Maschenweite von $20\ \mu$. Das reicht aus, um die verwendeten Eier sicher innerhalb der Beutel zu halten. Die ovalen Eier von Oesophagostomum haben eine Größe von $71 - 82\ \mu$: $38 - 46\ \mu$ (BOCH und SUPPERER, 1971), die von Cooperia $63 - 81\ \mu$: $32\ \mu$ und die kleinsten Eier von Ostertagia haben einen Durchmesser von $30\ \mu$ (BORCHERT, 1970). Das erste Larvenstadium von Oesophagostomum hat einen Durchmesser von $25\ \mu$, die von Ostertagia und Cooperia zwischen 17 und $20\ \mu$. Stichprobenartig durchgeführte Larvenmessungen ergeben in etwa die gleichen Werte. Für Oesophagostomum wird ein kleinster Durchmesser von $22\ \mu$ festgestellt, bei Ostertagia und Cooperia sind die Larven mindestens $17\ \mu$, bzw. $19\ \mu$ dick. Ausgehend von diesen Maßangaben kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß sich Larven durch das Maschenwerk

zwängen, damit den Beutel verlassen und bei der Auswertung nicht mehr vorhanden sind.

Zeitraubend - weniger aus der Sicht des Untersuchenden als im Hinblick auf die rasche Entwicklung des Untersuchungsmaterials - ist das Befüllen und Verschließen der Gazebeutel. Außerdem bilden sich beim Zubinden zwangsläufig Falten, in denen sich kleinere Partikel des Abwassers festsetzen. Auf diese Weise gelangen trotz intensiver Bemühungen, die Beutel nach dem Aufenthalt in der Anlage von anhaftendem Schmutz zu befreien, immer wieder gröbere Abwasserbestandteile mit in die auszuwertende Aufschwemmung. Das führt zwar nicht unbedingt zu falschen Ergebnissen, wenn die Teilchen klein und gering an Zahl sind, behindert aber in jedem Falle die rasche und eindeutige Beurteilung der Parasitenkeime.

Durch die schnelle Entwicklung der Eier zu Larven ist nur frisch abgesetzter Kot, der schnellstmöglich verarbeitet werden muß, für Untersuchungen über Einflüsse von Klärsystemen auf Wurmeier geeignet. Überschreitet der Zeitraum zwischen Einsammeln von Kot und Einbringen des Untersuchungsmaterials in die Anlagen eine bestimmte Grenze, so hat das Ei bereits entscheidende Entwicklungsschritte hinter sich, ohne einem schädigenden oder vielleicht fördernden Einfluß ausgesetzt gewesen zu sein. Die bisherigen Ergebnisse lassen verschiedentlich die Vermutung zu, daß in mehreren Fällen die kritische Zeit überschritten worden war.

Wertet man nach dem Aufenthalt der Probenbeutel in der Anlage jeweils dreimal hundert Eier, bzw. Larven aus, so zeigt sich dabei, daß anfangs der Anteil der Larven teilweise über 90% liegt. Im Verlauf der

nächsten Tage kehrt sich das Verhältnis Larven : Eier um, d. h. scheinbar werden die Larven weniger und die Eier mehr. Rein rechnerisch ist dieses Ergebnis richtig. Auf die Versuchsanordnung bezogen ergibt sich ein falsches Bild. Wenn nach einem Tag 70% Larven gefunden werden, ist anzunehmen, daß auch die restlichen Beutel in der Anlage einen ähnlichen Prozentsatz Larven enthalten. Dasselbe gilt für 94% Larven am zweiten Tag. Wenn an den folgenden Tagen der prozentuale Anteil der Eier steigt, kann das nur dadurch erklärt werden, daß entweder die Larven den Beutel verlassen haben, oder daß sie durch das umgebende Substrat aufgelöst worden sind. Die übriggebliebenen Eier stammen zahlenmäßig aus den 6% des zweiten Tages. Bei der Arbeit mit dünn-schaligen Nematodeneiern hat die Gesamtzahl der Parasitenkeime vor und nach dem Aufenthalt in den Anlagen in die Versuchsaussage einbezogen zu werden.

Ausgehend von diesen Feststellungen werden für die Verwendung von dünn-schaligen Nematodeneiern zum Zweck der Überprüfung von Kläranlagen folgende Forderungen gestellt:

Das Untersuchungsmaterial muß

1. aus frisch abgesetztem Kot gewonnen und
2. auf dem Transport kühl gelagert werden sowie
3. nach spätestens vier Stunden in der Anlage sein.

Die geforderte Höchstzeit von vier Stunden kann durch vorbereitete Behältnisse, die schnell in großer Anzahl zu füllen sind, eingehalten werden. Die Bauart der Behälter und die Maschenweite der verwendeten Gaze müssen es ermöglichen, die eingefüllte Eimenge quantitativ wiederzugewinnen. Deshalb darf die Maschenweite der Gaze auch nicht größer als 10 μ sein.

3.3.3. Hauptversuchsreihe

Die Proben mit den Oesophagostomum-Eiern waren im Dezember 1974 und Januar 1975 sowie im Mai und Juni 1975 dem Einfluß der Anlagen ausgesetzt. Die Wassertemperatur schwankte im Winter zwischen 11° und 14° C, im Frühsommer zwischen 12° und 17° C.

Belebungsanlage mit Rohrbelüftung (Tab. 13, 14)

Winter:

Während der ersten vier Tage verhielten sich die Proben annähernd gleich. Larven wurden nicht gefunden, ebensowenig embryonierte Eier. Ein Großteil der Eier (92 - 99%) zeigte ein nahezu identisches Aussehen. Ab dem ersten Tag waren deutlich strukturierte, an eine Weintraube erinnernde und in der Anzahl gegenüber dem Ausgangsmaterial etwas vermehrte, Furchungskugeln sichtbar. Daneben kamen einige Eier mit dunklerem, bzw. aufgehelltem Plasma vor.

Am fünften Tag traten erstmals embryonierte Eier auf (5%). Die traubenartigen Furchungskugeln der ersten Tage waren noch erhalten, doch kamen auch Eier vor, deren Inhalt mehr an die gefurchte Oberfläche einer geschälten Walnuß erinnerte.

Nach acht Tagen enthielt der Behälter 2% Larven, 15% Embryonen und 11% Eier mit hellem Plasma. Furchungskugeln mit walnußartig-schrumpeligem Aussehen bildeten den Rest von 72%. - Nach der zweiten Woche lagen die Verhältnisse ähnlich: 4% Larven, 12% Embryonen, 66% Eier mit Furchungskugeln, 3% mit dunklem körnig-geschrumpften und 15% mit hell-durchscheinendem Plasma.

Am Ende der dritten Woche war nur noch eine geringe

Anzahl an Parasitenkeimen vorhanden. Die Furchungskugeln zeigten Schrumpfungen und sahen wie eingetrocknet aus. Im Gegensatz zu den Eiern mit fast schwarzem, kugeligem Plasma (6%) war die ovale Anordnung der Furchungskugeln nahezu unverändert klar zu erkennen.

Nach vier Wochen enthielten die Behälter keine Oesophagostomumeier oder -larven mehr. Eine zur Kontrolle durchgeführte Bebrütung bestätigte dieses Ergebnis.

Der Brutschrankaufenthalt derjenigen Proben, die bis zu fünf Tagen in die Anlage eingehängt worden waren, brachten Larvenschlupfquoten zwischen 95% und 100%. Nach acht Tagen betrug der Prozentsatz entwickelter Larven noch 85% bei gleichzeitiger Zunahme der hellen Eier auf 15%. Aus Eiern nach zweiwöchiger Einwirkungszeit schlüpften zu 71% vollbewegliche Larven. Der Anteil der dunklen und hellen Eier nahm zu auf 9%, bzw. 20%. Nach drei Wochen Versuchsdauer bildeten sich durch den Aufenthalt im Brutschrank keine Eier mehr zu Larven um. Die Furchungskugeln zeigten beginnenden Zerfall und die Auflösungserscheinungen innerhalb der Eier nahmen zu (37%).

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime schwankte, ließ aber mit steigender Versuchsdauer eine deutliche Abnahme erkennen.

Sommer:

Nach den ersten beiden Tagen in der Anlage wurden neben 97% und 99% von Eiern mit traubigen Furchungskugeln nur solche mit dunklem und hellem Plasma gefunden.

Die Probenbehälter enthielten am dritten Tag 3% Larven und 7% embryonierte Eier. 87% der Eier zeigten

Der Einfluß der Belebungsanlage mit Rohrbelüftung auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tabelle 13 (Winter):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (97)	- (-)	92 (-)	4 (1)	4 (2)	141 (91)
2	- (97)	- (-)	95 (-)	1 (1)	4 (2)	178 (191)
3	- (98)	- (-)	98 (-)	1 (1)	1 (1)	336 (310)
4	-(100)	- (-)	99 (-)	1 (-)	- (-)	254 (168)
5	- (95)	5 (-)	90 (-)	2 (2)	3 (3)	147 (120)
8	2 (85)	15 (-)	72 (-)	- (-)	11 (15)	84 (97)
14	4 (71)	12 (-)	66 (-)	3 (9)	15 (20)	129 (125)
21	- (-)	3 (-)	75 (53)	6 (10)	16 (37)	43 (19)
28	-, (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Tabelle 14 (Sommer):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (97)	- (7)	97 (-)	1 (1)	2 (2)	327 (345)
2	- (99)	- (-)	99 (-)	- (-)	1 (1)	193 (188)
3	3 (98)	7 (-)	87 (-)	2 (-)	1 (2)	107 (98)
4	5 (98)	13 (-)	80 (-)	- (-)	2 (2)	241 (287)
5	2 (99)	31 (-)	66 (-)	- (-)	1 (1)	83 (84)
8	4 (98)	52 (-)	41 (-)	1 (1)	2 (1)	210 (202)
14	4 (99)	74 (-)	20 (-)	2 (1)	- (-)	91 (68)
21	- (97)	96 (-)	- (-)	- (-)	4 (3)	48 (62)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Furchungskugeln, die sich gegenüber den früher entnommenen nicht wesentlich verändert hatten. - Vom vierten Tag bis zur zweiten Woche war in den Behältern neben einem etwa gleichbleibenden Anteil von Larven (2% - 5%) eine Zunahme embryonierter Eier von 13% über 31% und 52% auf 74% festzustellen. Eier mit Furchungskugeln wurden im gleichen Maße weniger, die Anzahl der Eier mit dunklem und hellem Plasma schwankte zwischen einem und vier Prozent. Mit fortschreitender Versuchsdauer verloren die Furchungskugeln ihr prall-traubiges Aussehen und erreichten nach der zweiten Woche eine runzlig-walnußartige Oberfläche, wie sie auch im Winter beobachtet werden konnte.

Nach drei Wochen waren 96% der Eier embryoniert, die restlichen hatten helles Plasma mit randständigen Auflösungszone. - Die Röhrchen enthielten nach vier Wochen kein Probenmaterial mehr.

Nach dem Bebrüten schlüpften aus dem bis zu drei Wochen in der Anlage belassenen Material zwischen 97% und 99% Larven.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime nahm mit steigender Versuchsdauer ab.

Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren (Tab. 15, 16)

Winter:

Während der gesamten Versuchsdauer von vier Wochen wurde in keinem der Behälter eine Larve oder ein embryoniertes Ei gefunden.

In den ersten fünf Tagen enthielten 90% bis 98% der Eier Furchungskugeln. Ihr Aussehen veränderte sich während dieser Zeit kaum. Gegenüber dem Ausgangsmaterial war die Anzahl der Furchungskugeln erhöht, ihre Struktur traubig.

Nach acht Tagen beinhalteten 85% der Eier Furchungskugeln mit schrumpfender Oberfläche. Es traten vermehrt Eier mit dunklem, körnig-kugeligem Plasma (5%) und hellem, sich auflösendem Plasma (10%) auf.

Nach der zweiten und dritten Woche zeigte nur noch etwa die Hälfte der Eier Furchungskugeln. Die Abgrenzung zu den dunklen Eiern (20%) wurde schwieriger, da viele der Furchungskugeln durch ihr Zusammenschrumpfen abdunkelten. Sie behielten jedoch ihre ovale Anordnung bei und zeigten eine gröbere Oberflächenstruktur. Bei den 26% von Eiern mit hellem Plasma waren viele, deren Inhalt wie aufgehellte Furchungskugeln aussah, von denen Teile abgerissen erschienen. Nach der dritten Woche war dieser Auflösungszustand weiter fortgeschritten.

Nach vier Wochen enthielten die Behälter kein Probenmaterial mehr.

Aus dem bis zu acht Tagen in die Anlage eingebrachten Material schlüpfen nach der Bebrütung zwischen 85% und 99% Larven, die sich lebhaft schlängelnd bewegten. Nach zwei Wochen sank die Quote auf 67% und die Larven waren von geringerer Mobilität. Drei Wochen Aufenthalt in der Anlage zerstörten die Fähigkeit zur Larvenentwicklung. Die Furchungskugeln zerfielen beim Bebrüten und lösten sich auf, 55% der Eier hatten helles Plasma mit blasigen, leeren Stellen.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime fiel mit fortschreitender Versuchsdauer.

Sommer:

Während eines eintägigen Aufenthaltes der Proben in der Anlage hatten sich in 95% der Eier traubige Furchungskugeln gebildet. Larven oder Embryonen wurden nicht gefunden. Der Anteil von Eiern mit Furchungskugeln sank bis zum vierten Tag auf 87%. Dafür nahm, beginnend mit dem zweiten Tag, die Zahl der embryonierten Eier zu, mit Schwankungen zwischen 97% am fünften Tag und 100% nach drei Wochen. Das Aussehen der Eier veränderte sich während dieses Zeitraumes nur unwesentlich. Eier mit hellem und dunklem Plasma waren in geringer Zahl vorhanden (1% - 5%). Nach vier Wochen beinhalten die Probenbehälter keine Oesophagostomum-eier oder -larven mehr.

Durch ein jeweils 24-stündiges Bebrüten der Proben nach Entnahme schlüpften zwischen 95% und 99% Larven, die lebhaft beweglich waren und gegenüber den Kontrollen keine morphologischen Veränderungen aufwiesen.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime verringerte sich mit fortschreitender Versuchsdauer.

Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes (Tab. 17, 18)

Winter:

Während der gesamten Versuchsdauer enthielt keiner der Behälter, die den Einflüssen der Anlage ausge-

Der Einfluß der Beleungsanlage nach dem Lindox-Verfahren auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tabelle 15 (Winter):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (98)	- (-)	92 (-)	4 (-)	4 (2)	384 (402)
2	- (99)	- (-)	98 (-)	1 (-)	1 (1)	229 (217)
3	- (95)	- (-)	99 (-)	1 (2)	- (3)	411 (396)
4	- (91)	- (-)	96 (-)	2 (4)	2 (5)	78 (116)
5	- (85)	- (-)	90 (-)	3 (5)	7 (10)	166 (148)
8	- (95)	- (-)	85 (-)	5 (2)	10 (3)	201 (135)
14	- (67)	- (-)	54 (-)	20 (10)	26 (23)	81 (61)
21	- (-)	- (-)	49 (3)	24 (42)	27 (55)	37 (33)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Tabelle 16 (Sommer):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (99)	- (-)	95 (-)	4 (-)	1 (-)	285 (280)
2	2 (99)	1 (-)	94 (-)	3 (-)	- (-)	262 (250)
3	1 (97)	2 (-)	92 (-)	5 (3)	- (-)	130 (119)
4	- (99)	8 (-)	87 (-)	2 (-)	3 (1)	228 (197)
5	- (97)	97 (-)	- (-)	- (-)	3 (3)	67 (34)
8	- (99)	99 (-)	- (-)	- (-)	1 (1)	92 (92)
14	- (97)	97 (-)	- (-)	2 (-)	1 (3)	114 (102)
21	- (95)	100 (-)	- (-)	- (-)	- (5)	54 (42)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

setzt waren, eine geschlüpfte Larve.

Zwischen 87% und 99% der Eier zeigten bis zum achten Tag traubig zusammengelagerte Furchungskugeln. Am dritten Tag hatten 10% der Eier ein helles aufgelockertes Plasma. Die Furchungskugeln nahmen nach vier Tagen ein walnußartiges Aussehen an, das bis zum achten Tag zu beobachten war.

Nach zwei Wochen Verweildauer in der Anlage beinhalten die Behälter 18% embryonierte Eier, nach drei Wochen 16%. Die Eier mit Furchungskugeln wurden weniger (67% und 74%), Eier mit hellem und dunklem Plasma nahmen zu.

Nach vier Wochen Aufenthalt der Behälter im Abwasser während des Reinigungsprozesses waren in ihnen keine Parasitenstadien mehr vorhanden.

Die Schlupfquote der Larven nach dem Bebrüten betrug für die Proben der ersten fünf Tage 92% - 99%. Die Larven bewegten sich lebhaft schlängelnd und ließen keine morphologischen Veränderungen erkennen. Ihr Anteil war nach acht Tagen auf 88% vermindert, der Rest bestand hauptsächlich aus hellen Eiern (9%). Nach zweiwöchiger Versuchsdauer schlüpften noch 64% Larven nach dem Brutschrankaufenthalt, nach drei Wochen keine mehr. Eier mit Furchungskugeln wurden nicht beobachtet. Die nach zwei und drei Wochen noch vorhandenen Eier zeigten zu annähernd gleichen Teilen dunkles, zusammengeschrumpftes Plasma und hellen, teilweise schon aufgelösten Inhalt.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime wurde mit zunehmender Versuchsdauer geringer.

Sommer:

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe fielen etwas aus dem Rahmen. Aus nicht erkennbaren Ursachen enthielten die Probenbehälter an den ersten fünf Tagen im Durchschnitt viel weniger Eier als erwartet.

Nach dem ersten Tag Aufenthalt in der Anlage hatten alle Eier deutlich sichtbare Furchungskugeln. Nach dem zweiten Tag traten embryonierte Eier auf (16%). Neben 80% Eiern mit Furchungskugeln, die sich morphologisch gegenüber dem Vortag nicht veränderten, waren 4% Eier zu sehen, bei denen das Plasma sich aufzulösen begann.

Vom dritten bis zum achten Tag wird eine Zunahme der Larven beobachtet: 30%, 65%, 90% und 100%. Die embryonierten Eier nahmen dagegen an Zahl ab. Furchungskugeln waren ab dem vierten Tag nicht mehr zu sehen. 16% Eier zeigten ein ziemlich dunkles, abgerundetes Plasma.

Auch nach zwei und drei Wochen wurden in einer hohen Gesamtzahl noch 53% und 70% Larven gefunden. Embryonen waren mit 38% häufiger als Eier mit dunklem Plasma (9%), nach drei Wochen kehrte sich das Verhältnis um: 2% zu 25%.

Vier Wochen nach Versuchsbeginn enthielten die Behälter keine Parasitenkeime des eingebrachten Probenmaterials mehr.

Die während der ersten vierzehn Tage entnommenen Proben zeigten nach 24-stündiger Brutdauer eine Larvenquote zwischen 97% und 100%. Eier mit dunklem Plasma konnten nicht beobachtet werden. Eier mit hellem, in Auflösung begriffenem Plasma wurden anfangs zu 2%, nach der dritten Woche zu 11% ange-

troffen. Die 20% der embryonierten Eier nach der dritten Woche enthielten kleinblasige Einschlüsse und entwickelten sich auch nach längerem Brut-schränkaufenthalt nicht mehr weiter, sondern lösten sich allmählich auf.

Oxidationsgraben (Tab. 19, 20)

Winter:

In den Behältern wurden nach zwei Wochen Aufenthalt im Graben erstmals Larven gefunden (10%). Den höchsten Anteil stellten Eier mit Furchungskugeln (58% bis 98%). Embryonierte Eier wurden nicht beobachtet, außer an den beiden ersten Tagen (2% und 1%). Innerhalb der ersten fünf Tage hatte das Plasma von 93% bis 99% der Eier das bekannte prall-traubige Aussehen, welches am achten und an den folgenden Tagen der walnußartigen Schrumpfung Platz machte. Eier mit hellem Plasma wurden von Anfang an gefunden, ihr Anteil stieg jedoch erst in der zweiten und dritten Woche deutlich über 13% auf 23% an. Die anfangs gleichmäßige Verteilung des hellen Plasmas mit winzigen dunklen Einsprengseln verlor sich ab der zweiten Woche und wurde ersetzt durch die Bildung von verschiedenen großen Vakuolen, die bis zur Hälfte das Eiinnere ausfüllten.

Nach der vierten Woche waren die Behälter frei von Wurmeiern. Auch die Bebrütung erbrachte keine Larven mehr.

Nach Überführung der Eier aus dem Oxidationsgraben in den Brutschrank entwickelten sich Larven zu 59% aus dem Material mit dreitägigem Aufenthalt und zu

Der Einfluß der Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tabelle 17 (Winter):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt zahl
1	- (96)	- (-)	95 (-)	2 (2)	3 (2)	165 (229)
2	- (99)	- (-)	99 (-)	- (-)	1 (1)	203 (195)
3	- (92)	- (-)	87 (-)	3 (3)	10 (5)	99 (92)
4	- (95)	- (-)	92 (-)	6 (1)	2 (4)	269 (314)
5	- (93)	- (-)	99 (-)	- (3)	1 (4)	168 (133)
8	- (88)	- (-)	99 (-)	1 (3)	- (9)	96 (142)
14	- (64)	18 (-)	67 (-)	6 (22)	9 (14)	49 (44)
21	- (-)	16 (-)	74 (-)	4 (46)	6 (54)	68 (39)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Tabelle 18 (Sommer):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt zahl
1	-(100)	- (-)	100 (-)	- (-)	- (-)	29 (29)
2	- (98)	16 (-)	80 (-)	- (-)	4 (2)	95 (123)
3	30(100)	59 (-)	11 (-)	- (-)	- (-)	27 (22)
4	65 (99)	18 (-)	- (-)	16 (-)	1 (1)	94 (93)
5	90 (97)	7 (2)	- (-)	3 (-)	- (1)	86 (100)
8	100(100)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	199 (164)
14	53 (98)	38 (-)	- (-)	9 (-)	- (2)	264 (84)
21	70 (63)	2 (20)	- (-)	25 (6)	3 (11)	206 (188)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

100% nach achttägiger Verweildauer in der Anlage. Die Schlüpfraten an den übrigen Tagen der ersten beiden Wochen lagen nach Bebrütung zwischen 60% und 92%. Nach drei Wochen bildeten sich keine Larven oder Embryonen mehr in den Eiern.

Auffallend hoch war nach dem Bebrüten der Anteil der Eier mit hellem Plasma. Er betrug für die Proben der ersten fünf Tage 6% - 11%, nach zwei Wochen 20% und nach drei Wochen 54%. Viele Eier zeigten noch den Furchungskugeln ähnliche Strukturen, sie sind jedoch durchscheinender geworden und teilweise fehlten Teile der traubig angeordneten Zellen oder in diesen waren blasige Auflösungen zu sehen.

Am dritten Tag hatten 30% der Eier nach dem Bebrüten dunkles Plasma. Neben den bekannten, mehr kugeligen Blastomeren beinhalteten viele Eier ovale Furchungskugeln, die jedoch stark verdichtet erschienen. Eine vorsorglich durchgeführte weitere Bebrütung ergab nach 24 Stunden keine Änderung.

Zwei Wochen dem Abwasser ausgesetzte Proben enthielten nach Brutschrankaufenthalt 20%, nach dreiwöchiger Verweildauer dieser Eier 31% dunkles Plasma. Letztere hatten wieder einen größeren Anteil an Eiern, deren Inneres wie stark verdichtete Furchungskugeln aussahen, aber nicht mehr zur Weiterentwicklung gebracht werden konnten.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime schwankte stark, verringerte sich jedoch mit zunehmender Versuchsdauer.

Sommer:

In den Behältern wurden an den ersten beiden Tagen vorwiegend Eier mit Furchungskugeln gefunden (100% und 91%), am zweiten Tag kamen embryonierte Eier

Der Einfluß des Oxidationsgrabens auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tabelle 19 (Winter):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (92)	2 (-)	93 (-)	4 (2)	1 (6)	204 (90)
2	- (89)	1 (-)	98 (-)	1 (3)	- (8)	237 (186)
3*)	- (59)	- (-)	99 (-)	1 (30)	- (11)	304 (278)
4	- (88)	- (-)	99 (-)	1 (3)	- (9)	279 (257)
5	- (80)	- (-)	96 (7)	2 (3)	2 (10)	153 (85)
8	-(100)	- (-)	98 (-)	1 (-)	1 (-)	561 (339)
14	10 (60)	- (-)	58 (-)	19 (20)	13 (20)	31 (10)
21	- (-)	- (-)	71 (14)	6 (31)	23 (54)	119 (87)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

*) Brutdauer 48 Stunden

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Tabelle 20 (Sommer):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (99)	- (-)	100 (-)	- (-)	- (1)	114 (189)
2	- (99)	9 (-)	91 (-)	- (-)	- (1)	182 (195)
3	- (96)	70 (-)	29 (-)	1 (2)	- (2)	220 (213)
4	31(100)	56 (-)	11 (-)	- (-)	2 (-)	64 (61)
5	24 (99)	74 (-)	- (-)	1 (-)	1 (1)	349 (278)
8	84(100)	14 (-)	- (-)	- (-)	2 (-)	129 (125)
14	59 (98)	39 (-)	- (-)	1 (1)	1 (1)	113 (72)
21	44 (91)	38 (-)	- (-)	12 (3)	6 (6)	79 (34)
28	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

hinzu (9%); die am dritten Tag auf 70% vermehrt waren, während der Großteil der restlichen Eier (29%) Furchungskugeln mit immer noch traubigem Aussehen enthielt.

Am vierten Tag traten erstmals Larven auf (31%). Sie bewegten sich lebhaft und zeigten keine Veränderungen, die auf Schädigungen schließen ließen. Der Anteil der embryonierten Eier ging auf 56% zurück, fortgeschrittene Furchung war in 11% der Eier zu sehen.

Vom fünften Tag bis zur dritten Woche bestand der Inhalt der Röhrchen aus einem Gemisch von Larven (24% - 84%) und embryonierten Eiern (14% - 74%). Größere Anteile von Eiern mit dunklem und hellem Plasma wurden erst nach drei Wochen gefunden (12% und 6%). Eier mit Furchungskugeln traten nach dem fünften Tag nicht mehr auf.

Nach vier Wochen Verweildauer im Oxidationsgraben enthielten die Behälter keine Oesophagostomumeier und -larven mehr.

Nach 24-stündigem Aufenthalt im Brutschrank wurden bei Proben der ersten zwei Wochen zwischen 96% und 100% Larven gezählt. Ihr Anteil sank in der dritten Woche auf 91%. Die Larven waren jeweils gut beweglich und zeigten keine sichtbaren Schäden.

Auch bei dieser Versuchsreihe verminderte sich die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime mit zunehmender Aufenthaltsdauer in der Anlage.

Faulraum im Emscherbrunnen (Tab. 21, 22)

Winter:

Während der gesamten Versuchsdauer wurden in keinem Behälter geschlüpfte Larven gefunden. Ein geringer Prozentsatz von embryonierten Eiern war am vierten und fünften Tag vorhanden (7% und 3%). Eier mit hellem Plasma traten verstärkt am vierten und achten Tag in Erscheinung (9% und 7%).

Der Anteil der Eier mit Furchungskugeln betrug außer am dritten (73%), vierten (81%) und vierzehnten Tag (74%) über 91%. Die Zahl der Furchungskugeln hatte sich geringfügig erhöht und blieb über den gesamten Versuchszeitraum annähernd gleich. Bei flüchtigem Hinsehen wirkten die Eier während der ersten beiden Wochen wie frisch gewonnenes Material. Am fünften Tag waren an und in den Behältern schwarze Partikel festzustellen. Viele Eier sahen schwarzgefärbt aus. Die Abgrenzung der Eier mit Furchungskugeln von denen mit dunklem Plasma war schwierig. In die Rubrik der dunklen Eier wurden alle diejenigen eingeordnet, deren Inhalt mehr kugelig aussah und eine glattere Oberfläche hatte. Die Eier mit mehr ovalem Inhalt, der zudem stärker traubig gegliedert erschien, wurde denen mit Furchungskugeln zugerechnet.

Die Bebrütung der Proben der ersten beiden Wochen ergab Schlupfquoten zwischen 60% (fünfter Tag) und 99% (zweiter Tag). Nach drei und vier Wochen Aufenthalt im Faulschlamm schlüpften keine Larven mehr aus den bebrüteten Eiern. Zum größten Teil zerfiel das Plasma hell und blasig: bei 29% der Eier am fünften Tag, bei 18% nach der zweiten, bei 62% nach der dritten und bei 70% nach der vierten Woche.

Eier mit Furchungskugeln und mit dunklem Plasma bildeten den Rest.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime blieb relativ konstant. Nach dem Bebrüten ist jedoch zwei Mal, am dritten Tag und nach der dritten Woche, ein starker Schwund festzustellen.

Sommer:

Am vierten Tag der Versuchsreihe waren aus 3% der Eier Larven geschlüpft, die sich lebhaft bewegten und keine morphologischen Veränderungen erkennen ließen. An den übrigen Entnahmetagen enthielten die Behälter keine Larven. Am dritten Tag beinhalteten die Röhrchen 4% embryonierte Eier.

Eier mit Furchungskugeln stellten den größten Anteil der gefundenen Parasitenkeime dar. Während der ersten Woche wurden zwischen 91% und 100% nachgewiesen. Die Eier verharrten in dem erreichten Entwicklungsstadium, in dem das pralle, traubige Aussehen vorherrschte. Ab dem fünften Tag waren wie auch im Winter die schwarzen Verfärbungen der Behälter und Eier zu beobachten. Danach vergrößerte sich der Anteil an dunklen Eiern, am vierten und fünften Tag mit je 2% beginnend, über 9% nach acht Tagen auf 18% nach zwei Wochen.

Eier mit hellem Plasma wurden nur am zweiten Tag gefunden (2%).

Nach drei Wochen Aufenthalt im Faulschlamm enthielten die Röhrchen außer winzigen Partikeln aus dem umgebenden Medium nichts, was als Oesophagostomum-ei oder -larve hätte gedeutet werden können.

Nach der 24-stündigen Bebrütung traten nur Larven

Der Einfluß des Faulschlammes im Emscherbrunnen auf die Entwicklung von Oesophagostomumeiern nach verschiedenen Aufenthaltszeiten (Angaben in %; in Klammern: Ergebnis derselben Probe nach 24-stündiger Bebrütung bei 30° C)

Tabelle 21 (Winter):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (96)	- (-)	97 (-)	2 (-)	1 (4)	292 (193)
2	- (99)	- (-)	98 (-)	1 (-)	1 (1)	269 (238)
3	- (91)	- (-)	73 (-)	27 (9)	- (-)	150 (77)
4	- (88)	7 (-)	81 (-)	3 (2)	9 (10)	223 (198)
5	- (60)	3 (-)	96 (-)	1 (11)	- (29)	139 (128)
8	- (95)	- (-)	91 (-)	2 (-)	7 (5)	149 (145)
14	- (80)	- (-)	74 (-)	24 (2)	2 (18)	54 (52)
21	- (-)	- (-)	92 (11)	7 (27)	1 (62)	105 (63)
28*)	- (-)	- (-)	96 (25)	2 (5)	2 (70)	210 (147)

*) Brutdauer 48 Stunden

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

Tabelle 22 (Sommer):

Tag	Larven	Eier embryoniert	Furchungs- kugeln	Plasma dunkel	Plasma hell	Gesamt- zahl
1	- (99)	- (-)	100 (-)	- (-)	- (1)	103 (311)
2	-(100)	- (-)	98 (-)	- (-)	2 (-)	96 (199)
3	-(100)	4 (-)	96 (-)	- (-)	- (-)	173 (190)
4	3 (99)	- (-)	95 (-)	2 (-)	- (1)	193 (213)
5	- (98)	- (-)	98 (-)	2 (-)	- (2)	135 (117)
8	- (97)	- (-)	91 (-)	9 (-)	- (3)	82 (116)
14	- (99)	- (-)	82 (-)	18 (-)	- (1)	187 (150)
21	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)	- (-)

Aus den zugehörigen Kontrollproben entwickelten sich 99% Larven.

(97 bis 100%) und Eier mit hellem Plasma auf (1% bis 3%). Alle anderen Formen waren nicht vorhanden. Die Larven wiesen keine morphologischen Abweichungen auf und bewegten sich schlängelnd auf dem Objektträger. Am fünften Tag wurden die Bewegungen langsamer.

Die durchschnittliche Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime blieb trotz großer Schwankungen relativ konstant. Eine abnehmende Tendenz wie in den anderen Versuchsreihen ist nicht deutlich ausgeprägt.

4. BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Aus der Vorversuchsreihe lassen sich zwei wesentliche Erkenntnisse ableiten. Erstens ist die Zeit, die verstreichen darf bis die zu überprüfenden Wurmeier den jeweiligen Versuchsbedingungen ausgesetzt werden, kurz zu bemessen. Zweitens entwickeln sich aus Eiern, die zu spät in die Anlagen kommen, im günstigsten Fall ebensoviele Larven wie in den Kontrollproben. Die auftretenden zeitlichen Verschiebungen des maximalen Larvennachweises bis zu 24 Stunden sind auf die unterschiedlichen Temperaturen der Medien zurückzuführen und dürfen nicht als Wirkung der Anlagen verstanden werden.

Aus den gemachten Beobachtungen ergibt sich, daß Eier, die bereits in das Vielzellenstadium eingetreten sind, in den Schlammbelebungsanlagen nicht an der weiteren Entwicklung gehindert werden. Nur so lassen sich die unterschiedlichen Ergebnisse in den Vorversuchsreihen erklären. Wo schon nach 24 Stunden Aufenthalt in der Anlage nach Entnahme der Probenbeutel in diesen bis zu 83% Larven nachzuweisen waren (vgl. Tab. 1 - 4, 6, 8, 10 und 12), muß gefolgert werden, daß die Wurmeier außerhalb des Substrats Entwicklungsschritte vollzogen hatten, die unter Abwassereinfluß verschoben oder unterbunden worden wären. Die von vielen Autoren zitierte "geringe Widerstandskraft" dünnschaliger Eier muß ergänzt werden durch den Zusatz "gegenüber lange Zeit einwirkenden Einflüssen". Dünnschalige Nematodeneier machen das Fehlen eines Schutzpanzers wett durch ihre kurze Entwicklungszeit. Es schlüpfen bewegliche Larven, die sich aktiv bemühen können, eine ihnen abträgliche Umgebung zu verlassen. Es ist durchaus vorstellbar, daß unter Praxisbedingungen oft Stunden vergehen, bis parasitäre Kotbestandteile in das Klärwerk

gelangen, daß die eingeschwemmten Eier bereits Gastrulae enthalten und bei ungenügender Absetzzeit oder Überlastung die Anlage passieren und - schon als Larven oder noch als Ei - den Vorfluter erreichen. Immerhin fand LEHMANN (1954) im Ablauf der Memminger Kläranlage auf 166,5 Liter gereinigtes Abwasser ein dünnchaliges Nematodenei. Die geforderte Absetzzeit von zwei Stunden ist daher unter allen Umständen sicherzustellen, um die Wurmeier im Schlamm anzureichern und einer sicheren Vernichtung zuführen zu können (LIEBMANN, 1966).

Im Abschnitt 3.3.2. (Folgerungen für die Modifizierung der Methode) ist festgehalten worden, daß die Gesamtzahl der Parasitenkeime vor und nach dem Aufenthalt in den Anlagen mit in die Auswertung einbezogen werden sollte. Die Ergebnisse der Hauptversuchsreihe unterstützen die Richtigkeit dieser Annahme, werfen aber gleichzeitig ein neues Problem auf. Die Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime schwankt stark, obwohl sie jeweils als Durchschnittswert von drei Probenbehältern ermittelt wird. Weiter zeigt sich nach dem Bebrüten, daß die Gesamtzahl der Eier und Larven selten mit der am Vortag gefundenen Zahl genau übereinstimmt. Die höhere Zahl wird immer dann ermittelt, wenn die Proben viel Flockenschlamm enthalten, der zu größeren Partikeln verdichtet ist, die sich vor dem Öffnen der Röhrchen nicht restlos durch die engmaschigen Gazeplättchen spülen lassen. Durch die Zentrifugation entsteht eine Zusammenballung aus Abwasserbestandteilen und Wurmeiern, die mit einer Präpariernadel zwar aufgelockert werden kann, aber auch bei aufmerksamer Beobachtung stellenweise mehr oder weniger Eier verbirgt. Nach der Bebrütung heben sich dann die beweglichen Larven deutlich von den lockerer gewordenen Flockenschlammresten ab. Für die Auswertung ergeben sich daraus weiter keine Schwierigkeiten, denn die

Versuchsanordnung gewährleistet, daß die Gesamtzahl der Parasitenstadien vor dem Bebrüten und danach nicht durch den Untersucher verändert wird. Die niedrigere Zahl nach der Bebrütung tritt immer dann auf, wenn das mikroskopische Bild vor dem Aufenthalt im Brutschrank übersichtlich war und mit Sicherheit kein Ei unbemerkt bleiben konnte. Die unmittelbare Folgerung daraus ist, daß während der Zeit im Inkubator Larven oder Eier absterben und von den im Substrat befindlichen Mikroorganismen aufgelöst werden. Als weitere Folgerung läßt sich ableiten, daß auch die Proben, in denen die Gesamtzahl scheinbar ansteigt, vor dem Bebrüten mehr Eier enthalten haben müssen als hinterher gefunden werden. Die Relationen der Versuchsergebnisse untereinander verändern sich dadurch nicht grundlegend, deshalb wird, von diesen Überlegungen ausgehend, auf eine rechnerische Korrektur der in Klammern stehenden Tabellenwerte bewußt verzichtet.

Betrachtet man unter diesen Voraussetzungen zunächst die Gesamtzahl der Wurmeier, die nach dem Aufenthalt in den verschiedenen Anlagen wiedergefunden wird, so ist festzustellen, daß nur etwa ein Drittel der Eier die ersten 24 Stunden überlebt. Nach leichten Schwankungen an den folgenden Tagen sinkt ab dem fünften Tag die Gesamtzahl der Parasitenkeime in den Belebungsanlagen, um nach Ablauf von vier Wochen bei Null angelangt zu sein. Dabei kann keiner dieser Anlagen eine besonders hohe entwicklungshemmende oder verstärkt schädigende Wirkung nachgesagt werden, was verständlich ist, wenn man bedenkt, daß der Sauerstoffgehalt die Entwicklung dünnchaliger Nematodeneier begünstigt. Verzögernd wirken niedere Temperaturen von etwa 10° bis 14° C während des Winters und 13° bis 18° C im Sommer. Gleichbleibende Temperaturen von 20° bis 28° C, wie sie CROFTON (1965) für die Entwicklung verschiedener Magen-Darmstrongyliden des

des Schafes bis zum Schlüpfen des ersten Larvenstadiums innerhalb von 24 Stunden fand, kommen im Abwasser kaum vor.

Die Oesophagostomumeier zeigen in den Belebungsanlagen im Sommer- und Winterhalbjahr verschiedene typische Entwicklungsmuster. In der kalten Jahreszeit verharren die Eier über einen verhältnismäßig langen Zeitraum im Ausgangszustand mit geringfügig erhöhter Zahl von Zellen. Im Brutschrank entwickeln sich diese Eier anfangs fast ausschließlich zu Larven. In der Belebungsanlage mit Rohrbelüftung sind nach acht Tagen 15%, nach zwei Wochen 29% und nach drei Wochen alle Eier irreversibel geschädigt (vgl. Tab. 13). Für die Lindox-Anlage betragen die entsprechenden Prozentsätze 5, 33 und 100 (vgl. Tab. 15). Die Danjes-Anlage zeigt an denselben Tagen Schädigungsquoten von 12%, 36% und 100% (vgl. Tab. 17). Im Oxidationsgraben (vgl. Tab. 19) bemerkt man erst nach zwei Wochen deutlich schädigende Einflüsse, 40% der Eier sind nicht mehr entwicklungsfähig. Nach drei Wochen schlüpft auch hier aus keinem Ei mehr eine Larve. Die geschädigten Eier zeigen dabei kein einheitliches Bild. Helles zerfallendes Plasma, dunkel verklumpende und sich auflösende Furchungskugeln sind nebeneinander zu sehen. In der Danjes-Anlage fällt nach drei Wochen Aufenthalt ein Anteil von embryonierten Eiern (16%) auf, der sich nicht mehr weiterentwickelt.

Die Unterbrechung der Entwicklung erfolgt im Winter in einem frühen Stadium der Furchung, in dem die schädigenden Einflüsse des Abwassers lange Zeit einwirken können. Die etwas höhere Wassertemperatur in der warmen Jahreszeit verkürzt die Spanne bis zur Gastrulation. Die Sonderung der Keimesschichten verläuft bei den Nematoden in einer kurzen Entwicklungsphase, an die sich unmittelbar die Einsenkung des Stomodäums anschließt (SCHWARTZ, 1973).

Schadstoffe können nur relativ kurz auf die Blastomeren einwirken, und zwar je nach Anlage zwischen zwei und vier Tage auf die Mehrzahl der Eier. Schon nach zwei Tagen treten vereinzelt embryonierte Eier auf. Nach drei Tagen enthalten die Röhrchen aus der Danjes-Anlage 30% Larven, nach vier Tagen diejenigen aus dem Oxidationsgraben 31%. Nur maximal 5% Larven erscheinen in den Behältern der Rohrbelüftungsanlage. Ihnen stehen allerdings vom fünften Tag bis zur dritten Woche 31% bis 96% embryonierte Eier gegenüber, aus denen nach der Bebrütung 97% bis 99% Larven schlüpfen. Ähnlich verhält es sich in der Anlage nach dem Lindox-Verfahren. Hier sind ab dem fünften Tag 97% und mehr embryonierte Eier anzutreffen, aus denen sich nach dem Bebrüten 95% bis 99% Larven gebildet haben. Das spricht dafür, daß Embryonen nach der Gastrulation weniger empfindlich sind.

Unter Einbeziehung der Gesamtzahl lassen sich beide Entwicklungsmuster folgendermaßen beschreiben. Im Winter nehmen in den Schlammbelebungsanlagen die Eier mit Furchungskugeln, aus denen sich im Brutschrank bis zur dritten Woche Larven entwickeln, zahlenmäßig ab. Im Sommer sinkt die Anzahl der Parasitenkeime langsamer. Diese bestehen anfangs aus nur wenig veränderten Eiern, später aus einem zunehmenden Anteil von Embryonen, bzw. Embryonen und Larven, aus dem sich im Brutschrank bis zur vierten Woche Larven entwickeln. Anders formuliert: Je niedriger Temperatur und Entwicklungsstand, desto größer ist der schädigende Einfluß von Belebtschlamm-anlagen auf dünnsschalige Nematodeneier.

Für die anaerobe Schlammfäulung im unbeheizten Faulraum gilt für beide Versuchszeiträume eine den Winterergebnissen der Belebungsanlagen analoge Aussage. Die Anzahl von Eiern mit Furchungskugeln, aus denen sich im Brutschrank bis zur dritten Woche Larven entwickeln, geht

allmählich zurück.

Die aus dem Faulraum entnommenen Proben zeigen über den gesamten Versuchszeitraum ein überraschend frisches und unverändertes Aussehen. Fast möchte man sagen, der Sauerstoffentzug fixiere die Oesophagostomumeier in einem frühen Entwicklungsstadium. Nach drei und vier Wochen enthalten zwar fast alle Eier noch deutlich zu erkennende Furchungsstrukturen, die aufgrund ihrer Morphologie durchaus in der Lage zu sein scheinen, sich zu Larven weiterzuentwickeln. Während der Bebrütung verändert sich jedoch ein Teil (11% - 25%) überhaupt nicht und ein Großteil der restlichen Eier (62% - 70%) zerfällt unter Aufhellung des Plasmas. Ähnlich aussehende Eier findet LÜNSMANN (1972) bei Laboratoriumsuntersuchungen mit Oesophagostomumeiern unter Sauerstoffabschluß nach zehntägiger Versuchsdauer bei 3° C. Allerdings entwickeln sich die Eier auch bei zweitägigem Brutschrankaufenthalt nicht mehr weiter. Bereits ein Tag Sauerstoffentzug schädigt 68,6% der Eier irreversibel.

Die Schadwirkungen, die BECHTOLD (1972) verschiedenen Schlammagerplätzen zuschreibt, sind eher auf tiefe Temperaturen bis -15° C zurückzuführen als auf den Schlamm selbst. Einer Schädigungsquote von 97% im Trockenbeet der Münchner Versuchsanlage nach sechs Tagen Aufenthalt von Oesophagostomumeiern steht eine Schlupfrate von 99% Larven nach vierzehn Tagen Verweildauer im Faulraum des Emscherbrunnens gegenüber. Die von ihm beschriebenen verkrüppelten Oesophagostomularven konnten nicht beobachtet werden. Im Gegensatz zu BECHTOLD (1972) kann man schon von einer konservierenden Schutzwirkung des Schlammes auf Oesophagostomumeier sprechen. Sie wurde zwar bei Askarideneiern, die in schlammgefüllten Silos lagerten, beobachtet, nicht jedoch bei Eiern von Knötchenwürmern. Die Zeitspanne der Schutzwirkung ist dabei verständli-

cherweise viel geringer als bei Askarideneiern, die JONAS (1970) bis zu 90 Tage ohne merkliche Schädigungen bei 4° C lagerte. Andererseits kann ein 14-tägiger Entwicklungsstillstand - danach schlüpfen bei Bebrütung nahezu alle Larven (99%) - bei einem dünnshaligen Nematodenei als ziemlich lange Konservierung betrachtet werden, wenn man bedenkt, daß die Entwicklung bis zur Larve I schon in einer Zeit von nur 13 Stunden ablaufen kann (CROFTON, 1965).

Gegensätzliches berichtet LÜNSMANN (1972). Er stellt fest, daß 54,3% der Oesophagostomumeier im optimalen Milieu bei einer Temperatur von 3° C nach einem Tag Aufenthalt zerstört waren. HENLE (1975) konnte jedoch zeigen, daß die winterlichen Temperaturen von 7° - 8° C im Schweineflüssigmist die Lebensfähigkeit der Oesophagostomumeier bis zu einer Aufenthaltsdauer von 50 Tagen gewährleisten, während bei Temperaturen von 16° - 19° C nach zwölf Tagen keine Larven mehr schlüpfen. Dies stimmt auch mit dem überein, was ENIGK und Mitarbeiter (1965) bei Versuchen mit Rinderschwemmist feststellten. Oesophagostomumeier sind unter Laboratoriumsbedingungen bei 9° C zum größten Teil, bei 19° C nach zwölf Tagen vollständig abgestorben.

Die angeführten Untersuchungen zeigen, daß niedrigere Temperaturen die Entwicklung dünnshaliger Nematodeneier verzögern. Schädigende Stoffe aus dem Abwasser und dem Faulschlamm diffundieren durch die Eischale und sammeln sich im Innern an. Je länger das Ei den Schadstoffen ausgesetzt ist, desto stärker ist die Schädigung. Kommt es dagegen bei Temperaturen um 17° C innerhalb weniger Tage zur Gastrulation, so kann die Entwicklung in der Schlammbelebungsanlage mit dem Schlüpfen der Larven abgeschlossen werden (vgl. Tab. 18 und 20).

Für die Praxis bringen die Versuchsergebnisse mindestens

zwei anwendbare Erkenntnisse.

Erstens werden die im Schlamm angereicherten dünnsschaligen Nematodeneier von Schaf und Schwein immer dann mit Sicherheit abgetötet, wenn dies für Askarideneier nachgewiesen ist. Somit erfaßt die Standardmethode zur Beurteilung der wurmeiabtötenden Wirkung von Abwasserkläranlagen (FORSTNER, 1966, 1971) in ihrer Aussage in vollem Umfang die dünnsschaligen Nematodeneier.

Zweitens muß darauf hingewiesen werden, daß Anlagen, die nur grob gereinigtes Rohabwasser zugeführt bekommen, wie z.B. Oxidationsgraben und Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes-Schreiber, für dünnsschalige Nematodeneier nicht die Orte sicherer Vernichtung sind. Im Oxidationsgraben werden zwar Askarideneier konzentriert angereichert (HAMM, 1964), doch schlüpfen aus Oesophagostomumeiern im Sommer in dieser Anlage schon nach drei Tagen bewegliche Larven. Das Durchschnittsalter des Schlammes ist jedoch wesentlich höher. Die Larven werden sicherlich teilweise wie die Eier sedimentieren, doch kann nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden, daß sie sich zum Teil durch ihre Beweglichkeit der Sedimentation widersetzen und die Kläranlage verlassen. Die Verbreitung von Parasitosen auf diese Art wird zwar insgesamt gesehen eine geringe Rolle spielen, sollte aber in Betrieben mit Massentierhaltungen und eigener Abwasserreinigung als mögliche Infektionsquelle nicht übersehen werden.

5. ZUSAMMENFASSUNG

1. Die Wirkung von Schlammbelebungsanlagen verschiedener Bauart (Belebungsanlage mit Rohrbelüftung, Belebungsanlage nach dem Lindox-Verfahren, Gegenstrombelebungsanlage nach Danjes, Oxidationsgraben) und von Faulschlamm (Emscherbrunnen) auf die Entwicklungsfähigkeit dünnchaliger Nematodeneier aus Schweine- und Schafhelminthen wurde in mehreren Versuchsreihen in der Zeit von Oktober 1971 bis Juni 1975 untersucht.
2. Eier von Oesophagostomum des Schweins und von Ostertagia-Cooperia aus Schafen wurden im Sommer wie auch im Winter in die Anlagen eingebracht und nach 1, 2, 3, 4, 5, 8, 14, 21 und 28 Tagen morphologisch untersucht sowie aufgrund ihrer Entwicklung nach 24-stündiger Bebrütung bei optimalen Bedingungen beurteilt.
3. Zur Gewinnung von Material für die 300 Proben des Hauptversuchs wurde nur frisch abgesetzter, kühl transportierter Kot verwendet. Die Wurmeier kamen innerhalb von vier Stunden in die Anlagen, da sonst Entwicklungsschritte außerhalb der Versuchsmedien die Ergebnisse und die Rückschlüsse auf die Wirkung der Anlagen verfälschen.
4. Es werden Probenbehälter beschrieben, die eine kürzere Verarbeitungszeit des Ausgangsmaterials und quantitative Wiedergewinnung der Parasitenstadien ermöglichen.
5. Aus Eiern, die später als sechs Stunden nach Beginn der Kotentnahme und unter unkontrollierten Transporttemperaturen in die Anlagen gelangen, entwickeln sich in der Regel innerhalb von zwei Tagen im Versuchsmedium fast ebensoviele Larven wie die Kontrollproben in 24 Stunden hervorbringen.
6. Die Gesamtzahl der wiedergefundenen Parasitenkeime

fällt infolge von Auflösung innerhalb der ersten 24 Stunden auf etwa ein Drittel des Ausgangswertes und innerhalb von längstens drei Wochen auf Null. Deshalb ist bei Untersuchungen mit dünnchaligen Nematodeneiern die Gesamtzahl der Parasitenkeime vor und nach dem Aufenthalt im Versuchsmedium in die Auswertung einzubeziehen.

7. Der Aufenthalt im unbeheizten Faulraum übt auf die Oesophagostomum Eier bis zu zwei Wochen einen konservierenden Einfluß aus. Anschließend ist ein rascher Zerfall der wenig entwickelten Eier zu beobachten. Nach fünf Wochen sind alle Eier vernichtet.
8. In den Belebungsanlagen entwickeln sich mit zunehmender Verweildauer weniger Eier zu Larven.
9. Während der warmen Jahreszeit embryonieren die Oesophagostomum Eier nach zwei bis fünf Tagen in zunehmender Zahl in allen überprüften Schlammbelebungsanlagen. Larven in nennenswerter Anzahl schlüpfen nur in der Danjes-Anlage und im Oxidationsgraben. Im Winter bleiben die Eier im Entwicklungsstand der Furchung mit geringer Zunahme der Blastomeren und sind nach 28 Tagen Aufenthalt sicher abgetötet. Nach derselben Zeit sind auch im Sommer alle Parasitenstadien vernichtet.
10. Die hohen Quoten von geschlüpften Larven nach dem Bebrüten der Proben aus den Belebungsanlagen unterstreichen die Notwendigkeit einer ausreichenden Absetzzeit des Rohabwassers mit anschließender Schlammfäulung.
11. Keine der untersuchten Schlammbelebungsanlagen wirkte auf die zur Überprüfung verwendeten dünnchaligen Nematodeneier stark schädigend. Deshalb sind solche Anlagen, wie sie zur Reinigung der Abgänge von Massentierhaltungen empfohlen werden, im Hinblick auf die Vernichtung von Eiern parasitärer Würmer keine hygienisch befriedigende Lösung.

SUMMARY

1. The effect of diverse activated sludge plants and digested sludge on thin-shelled nematode eggs of pig and sheep and their capacity of development was examined in several series of experiments from October 1971 to June 1975.
2. Oesophagostomum eggs of pigs and Ostertagia-Cooperia eggs of sheep were brought into the plants during summer and winter. A morphological examination followed after 1, 2, 3, 4, 5, 8, 14, 21 and 28 days and a critical examination of development respectively after a stay of 24 hours in an incubator.
3. Only fresh faeces carried in a cool box were taken to get material for the 300 samples of the main experiment. The eggs reached the plants within four hours, otherwise there will be development outside of the sewage leading to wrong conclusions on the influence of the installation.
4. There are described containers, which enable the examiner to shorten the time of working up the faeces and to regain quantitatively the samples.
5. Eggs reaching the clarification plants later than six hours and under uncontrolled temperatures after two days show the same development of larvae as the control samples after 24 hours.
6. Within the first 24 hours the total number of regained eggs is reduced on about one third of the initial value. In mostly three weeks there will be found no more eggs or larvae in the containers. Therefore the total number of parasite stages before and after the stay in the clarification plants is necessary for the evaluation of studies with thin-shelled nematode eggs.

7. The stay in a non-heated digestion chamber seems to conserve *Oesophagostomum* eggs by the end of two weeks. In the following days a quick dissociation of the little hatched eggs can be seen. After five weeks all eggs are destroyed.
8. By increasing stay in the activated sludge plants less eggs will develop larvae.
9. During the warm seasons an increasing number of embryos is found in *Oesophagostomum* eggs from all examined activated sludge plants beginning on the second to the fifth day. A greater number of larvae was found only in the bio-oxidation channel and the system Danjes. During the wintertimes the development stands, the number of cells in the eggs increases insignificantly. In winter as well as in summer all parasite stages are destroyed after a stay of 28 days in the sewage.
10. The great quotas of free larvae after incubation underline the necessity of sufficient sedimentation of the waste water followed by the digestion of the sludge.
11. No one of the examined activated sludge plants has an especially intense damaging effect on the applied thin-shelled nematode eggs. Therefore installations recommended for the clarification of waste water from great live-stock are no hygienic satisfactory solution for the destruction of parasite eggs.

Für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit, mit den Institutseinrichtungen diese Arbeit durchzuführen danke ich den Herren Prof. Dr. Dr. h.c. H. LIEBMANN† und Prof. Dr. J. BOCH.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. M.J. FORSTNER für die stets gewährte Hilfe und Beratung im Rahmen dieser Untersuchungen sowie Herrn Oberregierungsrat Dr. K. SCHERB vom Abwasserversuchsfeld Großlappen der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt München, wo ich den experimentellen Teil der Versuche vornahm.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. BECHTOLD, K.
Untersuchungen über den Einfluß des Schlammes aus Belebungsanlagen auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern
Vet.-med. Diss. München 1972
2. BOCH, J.
Untersuchungen über die Verbreitung von Magen-Darm-strongyliden bei Weiderindern
Dtach.tierärztl.Wschr. 62(1955), 89-93
3. BOCH, J. und NEUBRAND, K.
Endoparasitenbefall bei Zucht- und Mastschweinen verschiedenen Alters
Berl.Münch.tierärztl.Wschr. 75(1962), 142-144
4. BOCH, J. und SUPPERER, R.
Veterinärmedizinische Parasitologie
Verlag Paul Parey, Berlin-Hamburg 1971
5. BORCHERT, A.
Lehrbuch der Parasitologie für Tierärzte
Verlag S. Hirzel, Leipzig 1970, 4. Aufl.
6. BUCHWALDER, R.
Die Wirkung physikalischer Einflüsse auf die Eier von *Ascaris suum*
Angew.Parasit. 7(1966), 202-207
7. BÜRGER, H.J. und STOYE, M.
Parasitologische Diagnostik (Teil II)
Eizählung und Larvendifferenzierung
Therapogen Praxisdienst, Heft 3(1968)
8. CROFTON, H.D.
Ecology and biological plasticity of sheep nematodes
I. The effect of temperature on the hatching of eggs of some nematode parasites of sheep
Cornell Vet. 55(1965), 242-250
9. ENIGK, K., HILDEBRANDT, J., TIETJEN, C.
Die Lebensdauer von Helmintheneiern und -larven in Schwemmist
Berl.Münch.tierärztl.Wschr. 78(1965), 102-106

10. EYER, H.

Hygienische Probleme bei der Beseitigung von Krankenhausabwässern
Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 8(1961), 209-221

11. FIEGEL, B.P.

Die Wirkung von Aktivchlor auf Wurmeier und Wurmlarven
Vet.-med.Diss. München 1954

12. FORSTNER, M.J.

Parasitologische Untersuchungen an der Kläranlage Mindelheim zur Beurteilung des Wurmbefalls von Weiderindern des Abwasserverregnungsgebietes
Berl.Münch.tierärztl.Wschr. 73(1960), 161-164

13. FORSTNER, M.J.

Wurmeier im Schlachthofabwasser und ihre hygienische Bedeutung
Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 8(1961), 83-94

14. FORSTNER, M.J.

Untersuchungen über die Ansteckungsfähigkeit von Eiern menschen- und tierpathogener Würmer in landwirtschaftlich verwerteten Abwasserschlämmen
Z.Kulturtechn.u.Flurbereinig. 11(1970), 350-365

15. FORSTNER, M.J.

Die Feststellung der Ansteckungsfähigkeit von Wurmeiern in Abwasserkläranlagen mit Hilfe morphologischer Kriterien und des Tierversuchs; Möglichkeiten zur Standardisierung der Methoden
Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 19(1971), 114-128

16. FORSTNER, M.J.

Parasitäre Probleme bei der Beseitigung von Abfällen aus Massentierhaltungen
Z.Wasser-u.Abwasser-Forsch. 6(1973/1), 95-97

17. FORSTNER, M.J.

Parasitologische Probleme bei der Beseitigung von Abwasser, Abwasserschlämmen und Abfällen landwirtschaftlicher Nutztiere
Tierärztl.Prax. 1(1973/2), 119-126

18. FORSTNER, M.J.
Untersuchungen über Grenztemperaturen zur Abtötung
parasitärer Entwicklungsstadien
Z.Wasser-u.Abwasser-Forsch. 7(1974), 176-179
19. FORSTNER, M.J. und SCHÄTZLE, M.
Vorschlag für eine Standardmethode zur Beurteilung der
wurmeierabtötenden Wirkung von Abwasserkläranlagen
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 13(1966), 58-71
20. FURCHNER, H.-O.
Über die Lebensfähigkeit von Ascarideneiern in Haus-
kläranlagen
Vet.-med.Diss. München 1952
21. GERMANS, W.
Laboratoriumsuntersuchungen über die Resistenz der
Eier des menschlichen Spulwurms *Ascaris lumbricoides* L.
Z.Parasitenk. 16(1954), 93-110
22. GÜNTHÖR, J.
Die Einflüsse des Belebtschlammes in Abwasserreinigungs-
anlagen auf die Lebensfähigkeit von Askariden und Leber-
egeleiern
Vet.-med.Diss. München 1970
23. HAMM, A.
Wurmeier im Oxydationsgraben, eine biologische Abwasser-
reinigungsanlage ohne mechanische Vorklärung
Z.Parasitenk. 25(1964), 8-9
24. HANDLOSER, M.
Ergebnisse der Überprüfung von Kläranlagen in einem
größeren Untersuchungsgebiet
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 10(1965), 105-131; 2. Aufl.
25. HENLE, D.
Untersuchungen über die Lebensfähigkeit von Wurmeiern
im Schweineflüssigmist
Vet.-med.Diss. München 1975
26. HORSTMANN, H.J.
Sauerstoffverbrauch und Glykogengehalt der Eier von *Fas-
ciola hepatica* während der Entwicklung der Miracidien
Z.Parasitenk. 21(1962), 437-445

27. HULÍNSKÁ, I.
Die Determinationsmerkmale der Invasionslarven bei
Schafdarmhelminthen
Acta Sc.Nat. Brno 3(1969), 1-35
28. HUSMAN, W.
Praxis der Abwasserreinigung
Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950
29. IMHOFF, K.
Taschenbuch der Stadtentwässerung
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 1969, 22. Aufl.
30. JETTMAR, M. und EXNER, H.
Thermoresistenzversuche an Ascaris- und Trichuriseiern
Arch.Hyg.(Berl.) 134(1951), 173-186
31. JONAS, D.
Versuche zur Lebendkonservierung der Eier von Ascaris
suum bei tiefen Temperaturen
Vet.-med.Diss. München 1970
32. KALBE, J.
Über das Verhalten der Eier von Ascaris lumbricoides L.
in verschiedenen Bodenarten bei unterschiedlichen kli-
matischen Bedingungen
Wissensch.Zeitschr. der Humboldt-Universität zu Berlin
5(1955/56), 21-27
33. KYZEVAL'TER, J.S. und DEREVICKAJA, V.V.
Vyzivaemost' jaic askarid v pocve v uslovijach moskovskoj
oblasti
(Die Lebensdauer von Ascariseiern im Boden unter den
Bedingungen des Moskauer Gebietes)
Med.Parazitol. Moskau 37(1968), 527-529
34. LEHMANN, O.J.M.
Der Gehalt des Memminger Abwassers an Eiern von Zoopara-
siten und deren Verhalten während des Klärprozesses
Vet.-med.Diss. München 1954
35. LENTZE, F.A.
Über die Verbreitung von Spul- und Madenwürmern und über
die Maßnahmen zu ihrer Bekämpfung vom Standpunkt der
öffentlichen Gesundheitspflege
Veröffentl. aus dem Gebiete der Medizinalverwaltung
37(1932), 1-56

36. LIDLE, H.
Kritische veterinärmedizinische Betrachtungen der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung mit speziellen Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Drucke auf Wurmeier und Wurmlarven
Vet.-med.Diss. München 1954
37. LIEBMANN, H.
Zur Biologie der Methanbakterien
Gesundh.-Ing. 71(1950), 14-22
38. LIEBMANN, H.
Die Möglichkeiten der Verbreitung von Zooparasiten des Menschen und der Haustiere durch landwirtschaftliche Abwasserverwertung
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 1(1953), 21-64
39. LIEBMANN, H.
Zooparasiten im Abwasser
Berl.Münch.tierärztl.Wschr. 68(1955), 97-98
40. LIEBMANN, H.
Das Verhalten der Bandwürmer in Kleinkläranlagen mit besonderer Berücksichtigung des Problems der Rinderverfäulnis
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 10(1963), 169-174
41. LIEBMANN, H.
Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des Abwassers an Wurmeiern von Großstädten Europas, Nordafrikas und Kleinasiens
Z.Parasitenk. 25(1964), 10
42. LIEBMANN, H.
Untersuchungen über Wurmeier in Rohabwässern und Kläranlagen Japans
Berl.Münch.tierärztl.Wschr. 78(1965), 106-108
43. LIEBMANN, H.
Die Lebensfähigkeit der Wurmeier unter verschiedenen Bedingungen der Schlamm- und Müllbehandlung (mit besonderer Berücksichtigung der Bekämpfung der Cysticercose des Rindes)
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 13(1966/1), 45-53

44. LIEBMANN, H.

Folgerungen für die Praxis aus den Ausführungen über die Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 13(1966/2), 327-333

45. LOCHER, S.

Die Widerstandsfähigkeit von Zooparasiteneiern und Larven gegen Gülle und Jauche
Vet.-med.Diss. München 1954

46. LÜHRS, E.

Über die Einwirkung ultravioletter Strahlen auf Parasiteneier
Dtsch.tierärztl.Wschr. 46(1938), 385-386

47. LÜNSMANN, W.

Laboratoriumsuntersuchungen über die Widerstandsfähigkeit dünn- und dickschaliger Nematodeneier gegenüber differenten Umweltbedingungen (Temperatur, Sauerstoffabschluß und Trockenheit)
Vet.-med.Diss. München 1972

48. MARTIN, P.

Wurmeier in biologischen Abwasseranlagen mit mechanischer Vorreinigung
Z.Parasitenk. 25(1964), 9-10

49. MENSCHEL, E.

Verhalten und Beeinflussung der Eier von Taenia saginata in der Kläranlage
Z.Parasitenk. 25(1964), 8

50. MINTZLAFF, H.-J.

Der Einfluß verschiedener Bodenarten auf die Ansteckungsfähigkeit von Taenieneiern
Vet.-med.Diss. München 1968

51. MÜLLER, G.

Zur Frage der Widerstandsfähigkeit von Askarideneiern gegenüber Druck
Gesundh.-Ing. 72(1951), 281-282

52. MÜLLER, R.

Medizinische Mikrobiologie
Verlag Urban & Schwarzenberg, München-Berlin 1950, 4. Aufl.

53. PLÖSSL, J.
Die Lebensfähigkeit von Ascarideneiern unter verschiedenen Umweltsbedingungen (Versuche mit Eiern von *Toxocara canis*)
Vet.-med.Diss. München 1950
54. REINHOLD, F.
Untersuchungen zur Spulwurmplage in Darmstadt
Gesundh.-Ing. 69(1948), 85-86
55. RENNER, H.
Über die Möglichkeit der Verbreitung von *Ascaris lumbricoides* durch Abwasserverregnung und Düngung mit Abwasserschläm
Vet.-med.Diss. München 1951
56. RUF, M.
Die Widerstandsfähigkeit der Eier und Larven von Geflügelnematoden unter natürlichen Umweltbedingungen sowie gegenüber der Einwirkung ultravioletter Strahlen
Vet.-med.Diss. München 1955
57. SAUER, J.
Der Einfluß radioaktiver Bestrahlung auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern
Z.Wasser-u.Abwasser-Forsch. 2(1969), 64-65
58. SCHÄTZLE, M.
Untersuchungen über den Einfluß von Abwasserschläm aus einem Oxydationsgraben auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern
Z.Wasser-u.Abwasser-Forsch. 2(1969), 147-150
59. SCHELTINGA, H.M.J. und KOORENNEF
Erfahrungen über die aerobe biologische Reinigung von Jauche und anderen Abfällen in der Landwirtschaft
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 16(1969)
60. SCHERB, K. und FORSTNER, M.J.
Die derzeitigen Möglichkeiten der abwassertechnischen Behandlung von Flüssigmist aus Schweinegroßbeständen
Dtsch.tierärztl.Wachr. 78(1971), 201-204
61. SCHMIDT, U.
Vergleichende Untersuchungen verschiedener Anreicherungsverfahren zum Nachweis von Wurmeiern
Vet.-med.Diss. München 1971

62. SCHROEDER, H.

Zur Frage der Wurmeier im Abwasser Berlins
Gesundh.-Ing. 70(1949), 410-416

63. SCHRÖTTE, H.

Über die Haltbarkeit von Wurmeiern und Wurmlarven im Dünger
Vet.-med.Diss. München 1955

64. SCHUBERT, R.

Maßnahmen zur Vermeidung von Askarideninfektionen
Dtsch.med.Wschr. 72(1947), 520

65. SCHWARTZ, V.

Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Tiere
Verlag Georg Thieme, Stuttgart 1973

66. STRELL, M.

Wasser und Abwasser
Reinhaltung der Gewässer
Verlag R. Oldenbourg, München 1955

67. STROH, R.

Die Möglichkeiten der Vernichtung von Zooparasiten
in unbeheizten und beheizten Faulräumen
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 8(1961), 95-103

68. STUTZ, L.

Über den Einfluß der Klärschlamm Trocknung nach dem
"Elka"-Verfahren auf die Askarideneier
Gesundh.-Ing. 71(1950), 184-185

69. YASURAOKA, K. und WEINSTEIN, P.P.

Effects of temperature on the development of eggs of
Nematospiroides dubius under axenic conditions relative
to in vitro cultivation
J.Parasit. 55(1969), 44-50

70. ZARTNER, H.

Untersuchungen über die Anzahl und den Verbleib von
Eiern des Spulwurms "*Ascaris lumbricoides*" in der
Münchener Kläranlage
(Versuche mit Eiern von Hundeascariden)
Vet.-med.Diss. München 1951

LEBENS LAUF

Am 25. Februar 1944 wurde ich als Sohn des Kaufmanns Joseph Soller und seiner Ehefrau Frieda, geb. Schrotberger, in Nürnberg geboren.

Nach vier Volksschuljahren von 1950 bis 1954 in Nürnberg und Hersbruck besuchte ich die Oberrealschule Hersbruck, das Neusprachliche Cusanus-Gymnasium Wittlich und die Holbein-Oberrealschule Augsburg, wo ich im Juli 1963 die Reifeprüfung bestand.

Nach freiwilligem Wehrdienst begann ich im Wintersemester 1966/67 an der Ludwig-Maximilians-Universität München das Studium der Tiermedizin, das ich im September 1971 mit dem Staatsexamen abschloß. Die Bestallung als Tierarzt erhielt ich am 22. Oktober 1971.

Am 13. Dezember 1968 heiratete ich Fräulein Mechtild M. Eisenlohr-Nalepa aus Dresden.

Seit dem 15. Oktober 1971 bin ich als Sanitäts-offizier(Veterinär) im Dienst der Bundeswehr.

